



Joana Maria Castanheira Pereira

Licenciada em Engenharia Informática

Plataforma integrada para análise de informação georreferenciada

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática

Orientadora: Armanda Rodrigues, Prof. Auxiliar, Universidade Nova
de Lisboa

Júri

Presidente: Prof^a Doutora Ana Maria Dinis Moreira
Arguente: Prof^o Doutor Cláudio Miguel Garcia L. dos Santos Sapateiro
Vogal: Prof^a Doutora Armanda Rodrigues



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho, 2017

Plataforma integrada para análise de informação georreferenciada

Copyright © Joana Maria Castanheira Pereira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Ao meu pai.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por expressar a minha gratidão à minha orientadora Armanda Rodrigues por todo o apoio e ajuda ao longo desta dissertação.

Também quero agradecer à minha faculdade, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, em particular ao Departamento de Informática, por me fornecer todos os elementos de trabalho que precisei para conseguir alcançar a licenciatura e o mestrado.

Estou muito agradecida também ao Rui Santos da ESRI e ao professor João Reis da ESHTe pela disponibilidade e contribuição no meu projeto.

Gostaria também de agradecer aos meus colegas e amigos que me acompanharam nesta jornada, por toda a força que me deram e por toda a motivação adicional. Um agradecimento especial à Lucía Rodriguez por todos os momentos de interajuda e amizade durante todos estes anos na FCT-UNL.

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer à minha família que sempre me ajudou a chegar mais longe e ao Guilherme Seabra pela companhia, motivação e apoio incondicional.

A todos vocês, o meu muito obrigada!

RESUMO

Os sistemas de informação geográfica são muito utilizados hoje em dia por possibilitarem o armazenamento e manipulação de grandes quantidades de informação georreferenciada. Os WebGIS trouxeram um aumento da divulgação da informação geoespacial, através de mapas, devido à quantidade de utilizadores que usufruem da Internet. No entanto, esta informação contém pouco mais do que as características geográficas de cada objeto, embora haja mais informação sobre os mesmos em bibliotecas, centros de investigação e outras instituições.

A Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril (ESHTe) concebeu um projeto pioneiro que consiste na criação do Museu Virtual do Turismo (Muvitur), um museu online que permite visualizar registos referentes à atividade turística com a possibilidade de aceder à georreferenciação dos objetos digitais.

Tendo esta dissertação sido desenvolvida em parceria com a ESRI Portugal, empresa que fornece ferramentas WebGIS e que apoia o projeto Muvitur, o objetivo é a disponibilização de uma plataforma, de apoio ao WebGIS ArcGIS Online, que permita integrar a visualização de objetos geográficos num mapa, com informação descritiva dos mesmos objetos, acessível através de um servidor externo. O projeto Muvitur foi desenvolvido sobre uma solução genérica para visualização de dados georreferenciados em conjunto com informação descritiva dos objetos digitais referentes ao turismo, desenvolvida no âmbito da presente dissertação.

A solução desenvolvida foi avaliada por colaboradores do projeto Muvitur e por elementos externos ao mesmo. O *feedback* fornecido foi positivo e a plataforma integrada Muvitur foi disponibilizada publicamente no site do projeto.

Palavras-chave: Sistemas de informação geográfica, WebGIS, Informação georreferenciada, Museu Virtual do Turismo, ArcGIS Online, Partilha de informação

ABSTRACT

Nowadays geographical information systems are very used because it is possible to store and manage large quantities of georeferenced information, keeping all the data accessible to the users. WebGIS have increased the available geospatial information, through maps, due to the rise of Internet users. Although these systems only publish little more than the geographic characteristics of each element, more information about these same elements is frequently available in libraries, research centers and other institutions.

The Estoril Higher Institute for Tourism and Hotel Studies (ESHTE) is responsible for a pioneer project that consists in creating Muvitur, an online museum where it is possible to visualize information records related to touristic activity, along with the possibility of geo-referencing digital objects.

As this dissertation results from a partnership with ESRI Portugal, a company that provides WebGIS tools and supports the Muvitur project, the main goal is to provide a platform, supported by the WebGIS ArcGIS Online platform, that integrates the visualization of geographic objects on a map, with descriptive information of the same objects, accessible through an external server. The Muvitur project was developed on a generic solution for visualization of georeferenced data, along with the descriptive information of the digital objects related to tourism, developed in the context of this dissertation.

The developed solution was evaluated by collaborators of the Muvitur project and by external testers. The feedback provided was positive and the Muvitur integrated application was made publicly available on the project website.

Keywords: Geographical analysis information, WebGIS, , Geo-referenced information, Virtual Museum of Tourism, ArcGIS Online, Information sharing

ÍNDICE

Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xix
1 Introdução	1
1.1 Descrição e Contexto	2
1.1.1 Museu Virtual do Turismo	2
1.1.2 LxConventos	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Contribuições	4
1.4 Estrutura do Documento	5
2 Enquadramento	7
2.1 Cartografia	7
2.1.1 Superfícies terrestres	7
2.1.2 Sistema de coordenadas geográficas	8
2.1.3 Sistema de coordenadas cartesianas	9
2.1.4 Projeções	10
2.2 GIS: <i>Geographic Information System</i>	14
2.2.1 Modelos de informação geoespacial	15
2.3 WebGIS	19
2.4 A importância de reutilização nos sistemas atuais	21
2.5 ArcGIS Online	23
2.5.1 Criação de um mapa interativo	23
2.5.2 Criação de uma aplicação <i>web</i>	24
2.6 Síntese	25
3 Trabalho Relacionado	27
3.1 LxConventos	27
3.2 Plataformas WebGIS	29
3.2.1 Turismo	31
3.3 Síntese	33

4	Concepção do Sistema	35
4.1	Tecnologias utilizadas	38
4.1.1	HTML	38
4.1.2	CSS	38
4.1.3	JavaScript	39
4.1.4	Bootstrap	39
4.1.5	XML	39
4.1.6	JSON	40
4.1.7	PHP	40
4.1.8	ArcGIS	40
4.2	Arquitetura	41
4.3	Síntese	43
5	Implementação da solução	45
5.1	Ficheiro de Configuração	45
5.2	Plataforma de configuração	51
5.3	Aplicação Integrada	55
5.4	Muvitur	57
5.5	Síntese	60
6	Avaliação	63
6.1	Avaliação inicial do Muvitur	63
6.2	Avaliação e Resultados	64
6.2.1	SUS - System Usability Scale	64
6.2.2	Avaliação da audiência não pertencente ao Muvitur	66
6.2.3	Avaliação da audiência pertencente ao projeto Muvitur	68
6.3	Síntese	70
7	Conclusões e trabalho futuro	71
7.1	Conclusões	71
7.2	Trabalho futuro	72
	Bibliografia	75
A	Teste de Usabilidade	79
B	Questionários	83
B.1	Utilizadores com conhecimentos informáticos	83
B.2	Utilizadores pertencentes ao Muvitur	88
C	Perfil dos utilizadores	93
C.1	Utilizadores com conhecimentos informáticos	93
C.2	Utilizadores pertencentes ao Muvitur	94

D Resultados da avaliação	97
D.1 Utilizadores com conhecimentos informáticos	97
D.2 Utilizadores pertencentes ao Muvitur	99

LISTA DE FIGURAS

2.1	Comparação de modelos da superfície terrestre. Fonte: [3]	8
2.2	Medição da latitude e longitude através de paralelos e meridianos, respetivamente. Figura retirada de [7]	9
2.3	Exemplos das diferentes projeções. Imagens retiradas de [11]	11
2.4	Características das diferentes projeções de uma superfície esférica num plano. Figura retirada de [13]	12
2.5	Mapa de zonas do sistema UTM retirado de [15].	13
2.6	Exemplo de coordenadas UTM. Fonte: [17].	13
2.7	Estrutura de um GIS retirado de [18]	14
2.8	<i>Layers</i> com os vários tipos de dados espaciais. Fonte: [21].	17
2.9	Simples arquitetura de um WebGIS, retirado de [21]	20
2.10	Sub-divisão de um GIS retirado de [26]	20
2.11	Exemplo de visualização de várias camadas num único <i>web map</i> na ferramenta ArcGIS Online	24
3.1	Demonstração do mapa interativo do LxConventos com a representação a azul dos edifícios religiosos existentes.	29
3.2	Mapa de análise da biodiversidade em Genebra.	30
3.3	Mapa com informação turística de Lousada.	32
4.1	Aplicação <i>web</i> e mapa gerados pela plataforma ArcGIS Online	36
4.2	Desenho do sistema.	38
4.3	Arquitetura do sistema.	42
5.1	Mapa com dados geográficos.	46
5.2	Mapa com os dois tipos de dados.	46
5.3	Formatos de XML diferentes considerados na dissertação.	47
5.4	Processo de conexão da informação geográfica com a informação descritiva.	48
5.5	Exemplo de XML onde é necessário percorrer níveis inferiores na <i>tag</i> “páginas” para conseguir encontrar o endereço da página de mestrado do departamento em questão.	50
5.6	Exemplo do ficheiro de configuração JSON gerado pela plataforma de configuração	51

5.7	Interface inicial da plataforma de configuração	52
5.8	Interface da plataforma de configuração após pedido a serviço <i>web</i>	52
5.9	Exemplo de configuração de um dos campos seleccionados na plataforma de configuração	53
5.10	Exemplo de percorrer uma hierarquia para atribuição de informação	54
5.11	Ultimo passo da plataforma de configuração	55
5.12	Interface inicial da plataforma integrada	56
5.13	Visualização dos dois tipos de informação	57
5.14	Parte do XML recebido do endereço <i>web</i> do arquivo digital	58
5.15	Ficheiro CSV com a informação georreferenciada do Muvitur	58
5.16	<i>Web map</i> do Muvitur	59
5.17	Ficheiro de Configuração do Muvitur	60
6.1	Comparação de resultados referentes às perguntas SUS e conhecimentos de XML dos utilizadores	68
C.1	Número de participantes consoante o género.	93
C.2	Intervalo de idades dos participantes.	94
C.3	Conhecimento de XML dos participantes.	94
C.4	Número de participantes consoante o género.	95
C.5	Intervalo de idades dos participantes.	95
D.1	Clareza da estrutura XML.	97
D.2	Facilidade na associação de atributos.	98
D.3	Facilidade na configuração das <i>labels</i>	98
D.4	Verificação da configuração efetuada.	99
D.5	Comparação de resultados com os conhecimentos de XML dos participantes.	99
D.6	A informação pretendida encontra-se na aplicação Muvitur	100
D.7	Utilidade da criação de aplicações que liguem mapas ArcGIS Online com base de dados externas.	100

LISTA DE TABELAS

6.1	Resultados da avaliação do questionário.	67
6.2	Resultados da avaliação aos questionários - Muvitur.	69

INTRODUÇÃO

Os centros históricos e o património histórico e cultural fazem parte dos valores insubstituíveis de toda a humanidade, apoiando a evolução e o reconhecimento de cada nação, considerados como elementos de excelência cuja qualificação, valorização e promoção importa promover com o intuito de desenvolver a sua atratividade. É importante que todos estes elementos sejam preservados e remodelados ao longo dos tempos para que, futuramente, não haja um empobrecimento do património como consequência da degradação ou mesmo do desaparecimento desses elementos que caracterizam tanto um país. A criação de condições de melhoramento para assegurar estes elementos e a sua classificação como património cultural é essencial, não só para não se perder o melhor da nossa cultura, como para estimular a nossa economia e aumentar o seu reconhecimento internacionalmente.

Devido à inexistência de uma ferramenta de análise de elementos culturais em conjunto com a sua localização, é necessária a criação de uma plataforma que permita a integração de informação do sector patrimonial com um mapa interativo que disponibiliza todos os dados relevantes relacionados com os bens culturais, com o intuito de apoiar a aquisição de conhecimento sobre os mesmos. Esta plataforma poderá ser utilizada por qualquer instituição que pretende interligar informação geográfica com outro tipo de informação permitindo generalização e reutilização. Aqui entram em jogo os sistemas de informação geográfica que utilizam a *web* como base (WebGIS).

Os WebGIS vieram potenciar a divulgação da informação geoespacial de forma global, necessária devido aos grandes volumes de dados hoje disponíveis na Internet. um sistema do tipo WebGIS permite a disponibilização, análise e apresentação de dados espaciais, este será o método ideal para obter uma plataforma de observação de dados como a pretendida.

Esta dissertação é desenvolvida no contexto do projeto Muvitur¹, Museu Virtual do Turismo, que pretende desenvolver uma aplicação de análise de elementos relacionados com o turismo em Portugal, bem como em toda a parte do Mundo, através de mapas interativos. Este projeto integra a informação genérica e turística existente na base de dados do Museu Virtual do Turismo num mapa interativo. Em ligação com a empresa ESRI Portugal², pretende-se tirar partido das vantagens deste projeto para desenvolver uma plataforma de configuração genérica para consulta de informação georreferenciada existente em clientes do GIS da ESRI (ArcGIS).

1.1 Descrição e Contexto

A informação georreferenciada contém pouco mais do que as características geográficas dos objetos. Pode existir informação mais detalhada sobre esses mesmos objetos em bibliotecas, centros de investigação e outras instituições. Daí vem a necessidade de integrar os vários tipos de dados sobre os mesmos objetos num único sistema de visualização de informação que contenha como elemento de destaque um mapa interativo.

No projeto LxConventos foi desenvolvido um protótipo que permite analisar a evolução de edifícios religiosos que interliga dados espaciais com dados patrimoniais. Esta dissertação irá conter influências tanto do projeto Muvitur, tal como dito anteriormente, mas também do projeto LxConventos. Nesta secção são aprofundados estes dois projetos.

1.1.1 Museu Virtual do Turismo

O projeto Muvitur, concebido pela ESHTe, define-se pela construção de um Museu Virtual do Turismo. Este é um projeto pioneiro em Portugal que pretende colecionar uma enorme diversidade de património existente, associado às manifestações do lazer e de atividade turística e hoteleira. O principal foco é o desenvolvimento de uma plataforma agregadora de conteúdos através da recolha, organização, exposição e respetiva disponibilização dos objetos digitais associados a Portugal e ao resto do Mundo que foram concebidos e experienciados com intuítos turísticos nos últimos 150 anos. Será possível então investigar e preservar memórias, consolidando conhecimentos e permitindo compreender a história da indústria do turismo.

A experiência interativa permitida pelo Muvitur terá como público-alvo indivíduos e entidades, académicos e profissionais, mas também qualquer pessoa interessada na história do turismo. Assim, esta plataforma também oferece apoio ao ensino e à investigação científica na temática do turismo. O projeto conta com a participação de

¹<http://muvitur.eshte.pt/>

²<http://www.esriportugal.pt/>

várias entidades como bibliotecas, centros de documentação, museus de turismo internacionais e câmaras municipais. O site do Muvitur contém duas vertentes fundamentais: uma base de dados pesquisável com milhares de objetos digitais, incluindo a pesquisa por área geográfica onde se insere esta dissertação, e ainda visitas e exposições virtuais. A informação turística utilizada pelo Muvitur está inserida num arquivo digital onde se pode visualizar publicamente os dados digitais através do seguinte endereço: <http://arquivodigital.eshte.pt/>. Os resultados desta dissertação irão contribuir para a conexão dos registos turísticos encontrados no arquivo digital do Muvitur com a informação de georreferenciação existente para os mesmos através de mapas interativos.

1.1.2 LxConventos

LxConventos³ é um projeto liderado pelo Instituto de História da Arte da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, e que visa o estudo das consequências da extinção de ordens religiosas em Lisboa há 200 anos atrás, aproximadamente. Esta extinção e as necessidades sociais, culturais e turísticas de cada época provocaram alterações significativas na estrutura e envolvência dos mesmos edifícios ao longo dos tempos. O projeto foi financiado pela FCT⁴ (Fundação para a Ciência e Tecnologia) e contou com as parcerias da CML⁵ (Câmara Municipal de Lisboa), do ANTT⁶ (Arquivo Nacional da Torre do Tombo) e do NOVA LINC⁷ - *Laboratory for Computer Science and Informatics*.

A plataforma desenvolvida em ambiente *web*, no âmbito do projeto, está associada ao mapa interativo de Lisboa, LXi⁸ e a uma série de serviços de mapas publicados pela CML, baseados na tecnologia da ESRI, o ArcGIS⁹. O mapa de base é assim o mapa de Lisboa Interativa onde, em sobreposição, foram adicionadas cartas históricas de Lisboa (imagens georreferenciadas com muito boa resolução). Foram criadas duas camadas em formato *shapefile* que também fazem parte do servidor de dados geográficos da CML e que apresentam o mapeamento geográfico dos edifícios religiosos de Lisboa em 1834 e em 2015. Este levantamento foi feito especificamente para o projeto. Cada um destes edifícios foi ligado com o servidor de dados patrimoniais da CML, sendo possível aceder a informação textual e a imagens e desenhos de várias épocas, ao clicar no edifício no mapa. Isto tornou possível a visualização e a análise profunda de todas as modificações existentes nos edifícios religiosos de Lisboa. Muitos desses edifícios são hoje em dia monumentos de grande destaque na capital portuguesa, não só a nível religioso como a nível social e cultural, influenciando de certa forma a evolução da cidade. Exemplos disso são

³<http://lxconventos.cm-lisboa.pt/>

⁴<http://www.fct.pt/>

⁵<http://www.cm-lisboa.pt/>

⁶<http://antt.dglab.gov.pt/>

⁷<http://nova-lincs.di.fct.unl.pt/>

⁸<http://lisboainteractiva.cm-lisboa.pt/>

⁹<https://www.arcgis.com>

a Assembleia da República (Mosteiro de S. Bento da Saúde de Lisboa) e o Conservatório Nacional (Convento de Nossa Senhora da Divina Providência de Lisboa).

Tal como aos edifícios religiosos, existem outros edifícios históricos que contribuem para o desenvolvimento da cidade, que são característicos da mesma, e que se foram alterando com o passar dos anos, devido a novas necessidades ou mesmo devido a catástrofes, tanto naturais como causadas pelo Homem. Assim sendo, seria interessante ampliar o projeto LxConventos para outros tipos de elementos históricos existentes que façam parte da história portuguesa, e não só para o município de Lisboa.

No sistema desenvolvido para o projeto LxConventos, a ligação entre o serviço geográfico e a BD de património está fixa, não podendo ser alterada sem modificação do código desenvolvido.

Para desenvolver o projeto da dissertação utilizaram-se os serviços de mapas online da CML que foram utilizados no projeto LxConventos no ambiente de testes e para possibilitar uma maior abstração da plataforma integrada.

1.2 Objetivos

Pretende-se disponibilizar uma plataforma *web* que conjugue informação georreferenciada de elementos turísticos com a respetiva informação complementar, existente na Base de dados do Muvitur, permitindo uma difusão global digital do acervo do museu. A junção dos dois conjuntos de informação irá permitir uma representação visual dos dados a analisar através de um mapa interativo. Para uma maior partilha de informação, este projeto também tem como finalidade disponibilizar uma plataforma de configuração que permita o seu uso por outros servidores de informação georreferenciada em conjunto com servidores que armazenam informação descritiva, minimizando as intervenções ao nível da programação.

Como existe uma parceria da ESRI Portugal nesta dissertação, a utilização do ArcGIS Online é mandatória na manipulação dos dados georreferenciados. A necessidade de evitar a duplicação de informação é outro fator que se tem em conta na proposta de solução.

1.3 Contribuições

As contribuições para a elaboração desta dissertação são maioritariamente as seguintes:

- Plataforma de configuração para aplicações de base geográfica para o ArcGIS Online em ligação com bases de dados externas de objetos georreferenciados;
- Aplicação WebGIS para o Museu Virtual do Turismo.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento de preparação de dissertação está organizado em 5 capítulos do seguinte modo:

Capítulo 1 - Introdução

A Introdução deste documento contém uma análise geral do que trata a dissertação. Este capítulo ajuda a perceber os objetivos propostos para esta tese, assim como o contexto em que a mesma se insere.

Capítulo 2 - Enquadramento

O Enquadramento contém todos os conceitos importantes para a compreensão do trabalho desenvolvido no âmbito da dissertação.

Capítulo 3 - Trabalho Relacionado

Neste capítulo é apresentado um conjunto de trabalhos, projetos e artigos científicos que contém, de certa forma, alguma semelhança com o tema abordado nesta dissertação. Este capítulo tem como fim comparar alguns elementos que possam ajudar no desenvolvimento da dissertação ou até mesmo melhorar o pensamento estrutural do projeto a desenvolver.

Capítulo 4 - Concepção do Sistema

Este capítulo aborda as tecnologias que foram utilizadas para o desenvolvimento da solução e descreve a arquitetura implementada para a mesma.

Capítulo 5 - Implementação da solução

O quinto capítulo consiste na descrição mais detalhada da solução com foco no desenvolvimento técnico do trabalho efetuado.

Capítulo 6 - Avaliação

O capítulo de avaliação descreve a metodologia concebida para a avaliação da plataforma de configuração assim como da aplicação resultante da configuração efetuada para o Muvitur. São ainda descritos os questionários concebidos para a avaliação assim como a execução dos testes efetuados. Finalmente, são expostos os resultados obtidos e a análise realizada aos mesmos.

Capítulo 7 - Conclusões e trabalho futuro

O último capítulo resume o trabalho efetuado e os resultados da dissertação. Também contém sugestões de pontos a melhorar no projeto e desenvolvimentos adicionais para o futuro.

ENQUADRAMENTO

Este capítulo descreve todos os conceitos fundamentais para a compreensão da origem do projeto desta dissertação. Irá caracterizar e introduzir estes conceitos assim como descrever aspetos que estão relacionados com a dissertação de mestrado.

2.1 Cartografia

A Associação Cartográfica Internacional (International Cartographic Association) define a cartografia como a disciplina que trata da conceção, produção, disseminação e estudo de mapas[1]. De facto, o mapa é o objeto gráfico central da cartografia. Este corresponde à representação aproximada da superfície terrestre, ou parte dela, num plano e em proporção reduzida. Para a elaboração de um mapa é necessário aplicar um conjunto de procedimentos com o intuito de relacionar os pontos da superfície terrestre com os pontos correspondentes do plano em questão. Estes procedimentos consistem em:

- Adotar um modelo matemático que represente a forma da Terra o melhor possível;
- Associar uma projeção dos elementos da superfície terrestre sobre o modelo matemático selecionado;
- Converter o sistema de coordenadas geográficas, utilizadas na superfície terrestre, em coordenadas cartesianas, utilizadas em mapas, relacionando os pontos do modelo matemático de referência ao plano de projeção.

2.1.1 Superfícies terrestres

Para se perceber e localizar um conjunto de coordenadas, é necessário ter conhecimento do sistema de coordenadas utilizado. Este sistema necessita de uma origem, dois eixos e

uma unidade de medida.

A superfície terrestre é totalmente irregular, não existindo, até o momento, definições matemáticas capazes de representá-la sem deformá-la.

O *geoid* é um modelo baseado na medição da forma da Terra e aliado às variações gravíticas da mesma. É uma suavização da superfície terrestre definida através do nível médio do mar. Mesmo assim, este modelo é altamente irregular devido à massa da Terra não ser uniforme e à mudança de direção da gravidade em alguns pontos. Para simplificar este modelo foram concebidos alguns elipsoides.

Um elipsoide é uma figura geométrica tridimensional, criada a partir de uma elipse bidimensional, semelhante a uma esfera achatada [2]. Este fornece um modelo relativamente simples e aproximado da forma da Terra. A figura 2.1 demonstra uma comparação dos diferentes modelos com a superfície terrestre. Existem muitos elipsoides definidos diferentes, distinguidos através do comprimento dos seus eixos. Alguns dos elipsoides mais conhecidos são o WGS84 (World Geodetic System of 1984), GRS80 (Geodetic Reference System 1980), e o elipsoide Clarke 1880. O elipsoide padrão utilizado tanto em mapas Google como em mapas ESRI é o elipsoide WGS84.

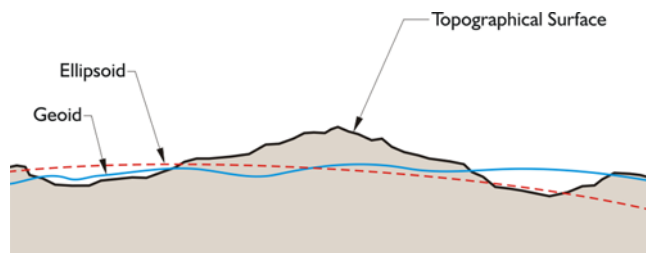


Figura 2.1: Comparação de modelos da superfície terrestre. Fonte: [3]

Um elipsoide aproxima-se da forma terrestre, mas a sua posição ao centro da Terra é definida por um *datum*. Este proporciona uma referência para a medição de localização de pontos na superfície terrestre. Ou seja, um *datum* define a origem e a orientação das coordenadas geográficas[4].

2.1.2 Sistema de coordenadas geográficas

As coordenadas geográficas são definidas através de dois ângulos, a latitude e a longitude, para identificar a localização de pontos no nosso planeta.

A latitude é estipulada através do ângulo formado entre um ponto e o plano do equador, um plano imaginário que se encontra a meio das extremidades do eixo em que a Terra gira. Este ângulo varia entre 90° norte e 90° sul. Quando é atribuído o ângulo de 0° à latitude significa que o ponto localiza-se no plano do equador. Por outro lado, se a atribuição for 90° norte ou 90° sul significa que o ponto pertence a um polo do elipsoide. São desenhados no planeta planos paralelos com o equador, formados por círculos e igualmente espaçados, que circundam a Terra. Estes paralelos ajudam na descoberta da latitude dos pontos. Os pontos do globo sobre o mesmo paralelo têm a mesma latitude [5,

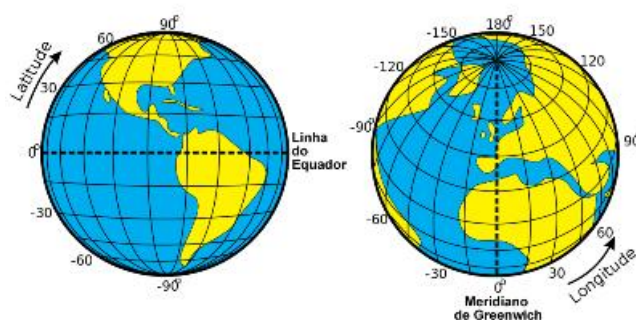


Figura 2.2: Medição da latitude e longitude através de paralelos e meridianos, respectivamente. Figura retirada de [7]

6]. É possível verificar como funcionam os paralelos através da figura 2.2.

A longitude também é medida em graus meridianos e reflete-se na distância angular entre um ponto e o meridiano de Greenwich. A longitude varia entre 180° este e 180° oeste. O ângulo com valor de 0° revela que o ponto insere-se no meridiano de Greenwich. São criados meridianos como referência para medição da longitude, demonstrado na figura 2.2. Os meridianos são formados por linhas imaginárias que se cruzam nos polos e atravessam cada paralelo de latitude, atingindo o plano do equador em vários pontos.

Tanto na latitude como na longitude, os seus valores são em graus minutos e segundos (DMS- *Degrees Minutes Seconds*) ou em graus decimais (DD- *Decimal Degrees*). Por exemplo, $34^\circ 30' 00''$ é igual a 34.5° . Uma vez que os pontos reais no solo podem estar acima ou abaixo da superfície elipsoidal, existe uma terceira coordenada, a altitude. Esta não é mais do que a distância do ponto à superfície elipsoidal ao longo de uma linha reta perpendicular à elipsoide.

Com estas coordenadas é possível localizar um ponto na superfície de um elipsoide que se encaixa aproximadamente na Terra, pois esta não é totalmente esférica. Posto isto, para uso de latitude e longitude com alguma precisão, é necessário saber qual o elipsoide que se está a operar como referência. A escolha do elipsoide juntamente com a localização inicial definem um *datum*.

2.1.3 Sistema de coordenadas cartesianas

No sistema de coordenadas cartesianas, para o caso de o sistema ser de duas dimensões (coordenadas planas), existem dois eixos ortogonais com origens coincidentes. Para a localização de um ponto utilizam-se as coordenadas cartesianas em forma de par ordenado e estas apresentam-se em unidades métricas. Podemos usar estes tipos de coordenadas como uma alternativa muito útil à latitude e longitude do elipsoide, para transmitir exatamente a mesma informação num plano com o intuito de se conseguir visualizar mapas em papel ou num ecrã. A origem do sistema cartesiano encontra-se no centro do elipsoide.

A interseção dos dois eixos formam a origem. Dadas duas coordenadas x e y de um ponto, consegue-se especificar precisamente a sua localização no mapa. Qualquer posição

descrita de forma única pela latitude, longitude e altura do elipsoide também pode ser descrita por um triplo único de coordenadas cartesianas 3D e vice-versa. Para que haja uma conversão do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas cartesiano é necessário saber qual o tipo de transformação que irá ocorrer à superfície terrestre, para que esta seja apresentada num plano, originando assim as diversas formas de projeção de um mapa.

2.1.4 Projeções

Os mapas planos são mais utilizados do que o globo, por uma série de motivos tais como facilidade de uso, facilidade no armazenamento, facilidade no seu deslocamento e facilidade de representação em dispositivos tecnológicos. No entanto, não é possível visualizar a Terra com precisão num plano. Quando muito, tenta-se apresentá-la aproximadamente, acabando por forçar a esticar algumas partes da superfície, comprimir outras ou até curvá-las. Este processo envolve algum grau de distorção, nomeadamente a nível de ângulos, distâncias ou até mesmo áreas. Uma combinação específica destas possíveis distorções é chamada de projeção. Posto isto, uma projeção constitui uma fórmula matemática que transforma as coordenadas geográficas, a partir de uma superfície esférica, em coordenadas planas, mantendo correspondência entre elas. As diferentes projeções cartográficas foram desenvolvidas com o intuito de minimizar as distorções ocorridas durante a produção de um mapa, mas nenhuma delas é capaz de evitar a totalidade das deformações [8].

É possível classificar projeções através da preservação de uma propriedade métrica[9]:

Projeção equivalente

Uma projeção equivalente, como observado na figura 2.3(a), preserva a área o que significa que as áreas são proporcionais às correspondentes da superfície terrestre. Ou seja, ao colocar um objeto em qualquer área de um mapa com esta projeção, este irá cobrir tanta área como se fosse colocado em outro lugar no mapa. Este tipo de projeção é utilizado em mapas de escala pequena. A desvantagem deste tipo de projeção é que há um distorção dos ângulos e formas em quase todo o mapa;

Projeção equidistante

Preserva a distância de acordo com certas direções, como na figura 2.3(c). Uma característica desse tipo de projeção é que é possível elaborar um mapa onde todas as distâncias medidas perpendicularmente a uma linha (que pode ser o Equador ou um outro paralelo) sejam verdadeiras, porém em escala. Este tipo de projeção é geralmente usado para definir rotas, tanto aéreas como marítimas. Possui distorções nas formas e nas áreas continentais. Um tipo de projeção equidistante é o Azimutal. Este tem como ponto de referência um dos polos, normalmente o Polo Norte;

Projeção conforme

Segundo Carlos Furuti[10] “Um mapa conforme preserva os ângulos localmente.

Assim, quaisquer duas linhas no mapa seguem o mesmo ângulo que as linhas originais correspondentes na Terra”. Uma projeção conforme distorce áreas e formas. Utilizado em mapas de média e larga escala. A projeção conforme mais conhecida é a de Mercator. Um exemplo de uma projeção conforme encontra-se na figura 2.3(b).

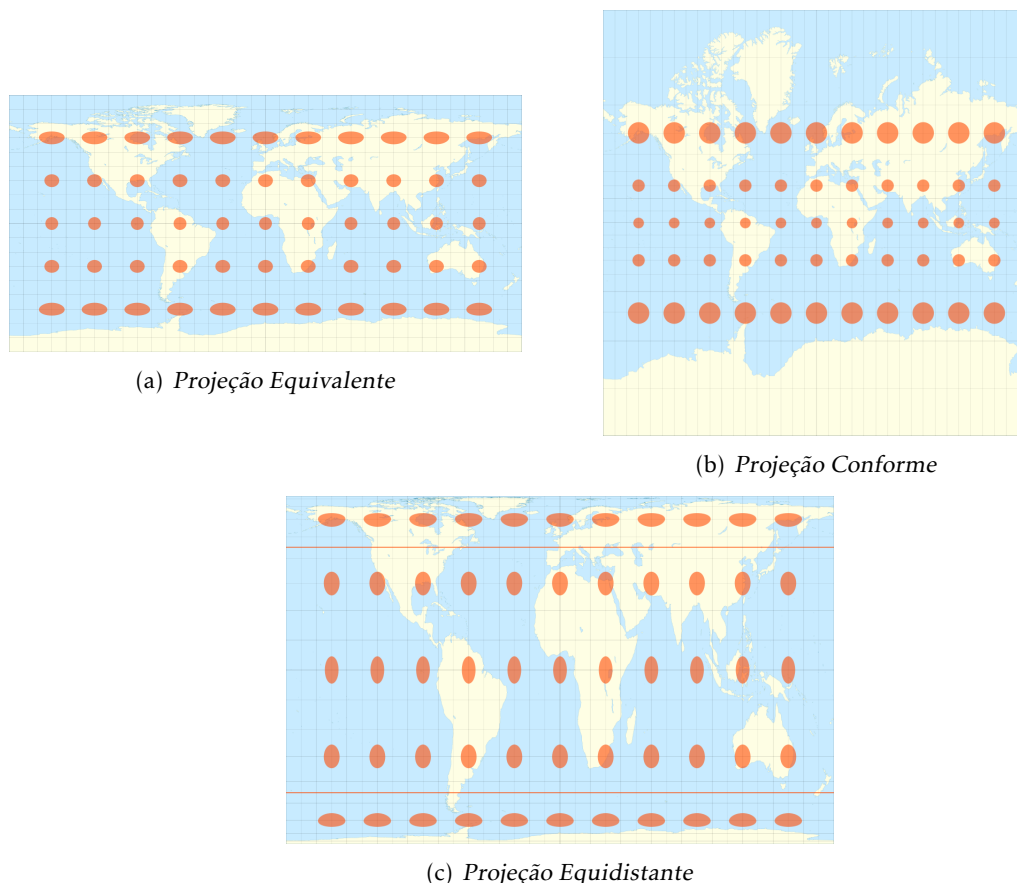


Figura 2.3: Exemplos das diferentes projeções. Imagens retiradas de [11]

A seleção da superfície sobre a qual se projeta depende da finalidade do mapa e da situação geográfica da área a ser mapeada. As projeções podem ser classificadas, como mostrado na figura 2.4, da seguinte forma[9, 12]:

Projeção cilíndrica

O plano da projeção cilíndrica é um cilindro que envolve a esfera terrestre. A projeção dos meridianos e paralelos geográficos é feita num cilindro tangente, ou secante, à superfície de referência, desenvolvendo, a seguir, o cilindro num plano. As projeções cilíndricas são retangulares, onde os meridianos e paralelos são linhas retas em ângulos retos. É aconselhável utilizar em áreas de baixa latitude. Um tipo de projeção cilíndrica é a projeção de Robinson, utilizada em vários livros e atlas. Esta não preserva nem a forma e nem a área dos continentes. No entanto, consegue minimizar as distorções que ocorrem nesses dois aspetos.

Projeção cônica

Resulta da projeção da superfície terrestre num cone. Os paralelos são círculos concêntricos e os meridianos retos convergem para o polo. Os meridianos e paralelos são projetados em um cone tangente, ou secante, à superfície de referência, desenvolvendo, a seguir, o cone num plano. Processo este semelhante à projeção cilíndrica. Neste projeção os meridianos são representados por um sistema de linhas retas concorrentes igualmente inclinadas e os paralelos por arcos circulares, sendo o ângulo entre quaisquer dois meridianos menor do que a verdadeira diferença de longitude. É aconselhável em áreas de latitude média.

Projeção plana ou azimutal

A projeção é construída com base num plano tangente, ou secante, a um ponto na superfície de referência. Os meridianos são representados por um conjunto de linhas retas inclinadas a partir do centro do mapa e os paralelos por um conjunto de círculos com um centro comum. Esta projeção é circular e recomendada usar em regiões polares pois são as regiões com menos deformações.

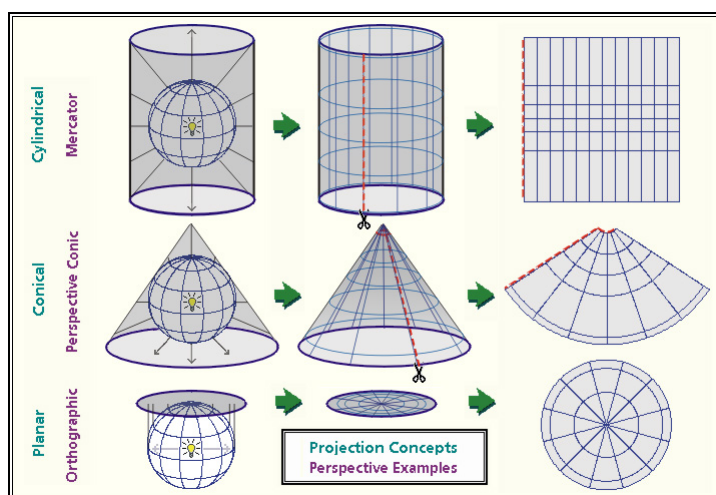


Figura 2.4: Características das diferentes projeções de uma superfície esférica num plano. Figura retirada de [13]

2.1.4.1 UTM

O sistema de projeção cartográfica Universal Transverse Mercator(UTM) foi adotado pelo Exército dos EUA, em 1947, para representar coordenadas planas em mapas militares de larga escala. É um sistema de projeção cartográfica muito utilizado devido a vários fatores, entre eles a facilidade de medição de distâncias, cálculo de ângulos e cálculo de áreas[14].

O UTM é baseado na projeção cilíndrica transversal, ou seja, o cilindro encontra-se numa posição horizontal de forma a que o seu eixo esteja perpendicular ao eixo de rotação

da Terra. A projeção resultante é uma projeção conforme, preserva os ângulos, que divide a Terra em sessenta zonas.

Uma característica do sistema UTM é que não há coordenadas negativas. A posição de um ponto é dada pela zona UTM bem como pelo par de coordenadas planares de este e de norte na zona considerada.

A zona UTM corresponde a uma região do mapa, como demonstrado na figura 2.5. Caracteriza-se por dois identificadores: um número e uma letra. O número varia de 1 a 60, iniciando-se da esquerda para a direita em relação à longitude a 180 graus oeste. Tem a amplitude de 6 graus de longitude. A letra da zona UTM é identificada entre a letra C e X, excluindo as letras I e O. As zonas possuem o tamanho de 8° em latitude à exceção da zona X que possui 12°. A letra da zona UTM inicia-se a 80° sul, com a letra C.

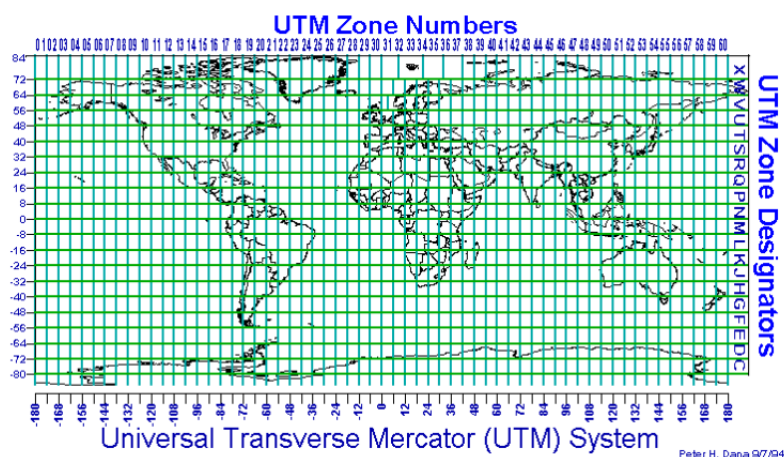


Figura 2.5: Mapa de zonas do sistema UTM retirado de [15].

Em relação ao par de coordenadas este e norte, estas são medidas em metros. O valor de este é medido a partir do meridiano de Greenwich e somado 500km para assegurar coordenadas positivas. O valor de norte é medido a partir do Equador e adicionado 10000km também para assegurar coordenadas positivas[16]. Na figura 2.6 é possível verificar como se representam as coordenadas UTM.

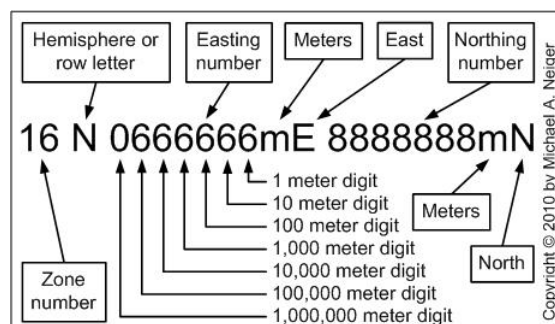


Figura 2.6: Exemplo de coordenadas UTM. Fonte: [17].

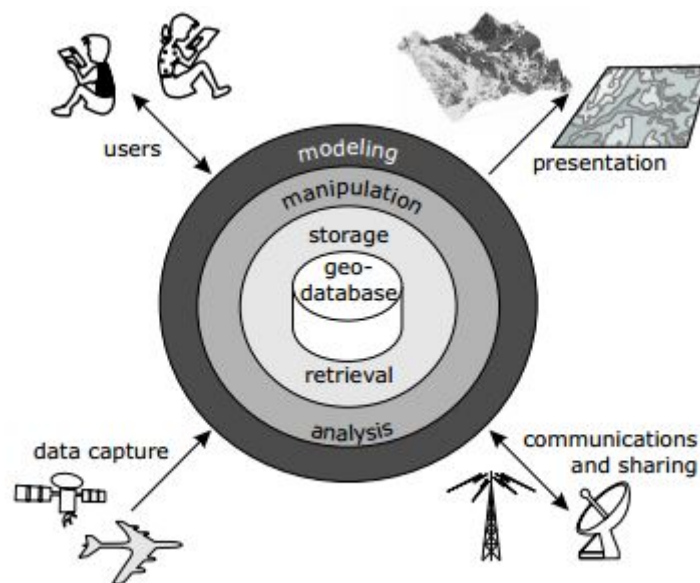


Figura 2.7: Estrutura de um GIS retirado de [18]

2.2 GIS: *Geographic Information System*

Esta secção é baseada no capítulo 1 do Livro “GIS: *a computing perspective*” [18]. Os dados geoespaciais são normalmente apresentados utilizando funções gráficas. Um Sistema de Informação Geográfica (*Geographic Information Systems - GIS*) é definido, ver figura 2.7, por um sistema de informação informatizado com o objetivo de capturar, armazenar, recuperar, manipular, analisar, modelar e apresentar dados espaciais que estão geograficamente referenciados. Um dos elementos fundamentais de qualquer GIS é a base de dados que organiza a informação de maneira a que seja mais fácil o seu armazenamento e recuperação. Basicamente, um GIS consiste em elementos como o *software*, o *hardware*, os dados e utilizadores que permitem as ações acima descritas [19].

Um GIS permite mais do que criar mapas atraentes, embora seja muito aplicado para essa função. Mas mais importante que mapas embelezados é a possibilidade de utilizar as suas funções analíticas que conseguem transformar os dados em informações muito úteis. Sendo assim, um sistema de informação geográfica consegue não só a produção de mapas mas também a realização de análises espaciais e a produção de uma base de dados geográfica possibilitando um cruzamento da informação armazenada e a respetiva observação. Um GIS tem a capacidade de revelar relações entre a informação, padrões e tendências que estão omitidas, permitindo aos seus utilizadores pensarem espacialmente com o objetivo de solucionar problemas e tomar decisões. Outras funcionalidades que este sistema consegue incluir são:

Inventário de recursos

Combinação de várias fontes de informação em uma só visualização integrada.

Análise de Rede

Utilização de informação de vários percursos para desenhar novos itinerários.

Distribuição de dados

Integração de dados de diferentes recursos e proprietários para gerar nova informação.

Análise de terreno

Análise e geração de nova informação a partir de topográficos.

Análise baseada em camadas

Combinação e análise de dados provenientes de vários recursos.

Os sistemas de informação geográfica tornaram-se numa ferramenta muito comum devido à sua facilidade em trabalhar com grandes quantidades da informação, gerir o armazenamento de dados geográficos, a sua rapidez em atualizar informação e o seu reduzido tempo de resposta.

Um exemplo de uma função que desaparece sem a existência de um referencial geográfico é a medição de distâncias. Um sistema de coordenadas pode ser representado de duas formas: pelas mais básicas e conhecidas coordenadas geográficas utilizando a latitude e a longitude, ou pelas coordenadas planas ou cartesianas. Estes sistemas foram desenvolvidos na secção anterior.

Algumas das ferramentas mais conhecidas para a manipulação de informação geográfica são o QGIS¹, SPRING², gvSIG³, MapInfo⁴ e ArcGIS⁵.

2.2.1 Modelos de informação geoespacial

O sistema geoespacial é frequentemente modelado segundo duas visões complementares: o modelo baseado em camadas e o modelo baseado em objetos [18, Chapter 4][20].

O modelo baseado em camadas trata a informação geográfica como coleções de distribuições espaciais, cujo o seu domínio é definido por um local geográfico e o seu contradomínio é definido por um conjunto de valores qualitativos ou quantitativos. Um exemplo é a colocação de uma malha regular sobre um modelo idealizado da superfície terrestre. Os padrões de altitudes topográficos, precipitação e temperatura encaixam-se perfeitamente neste ponto de vista. Uma camada define a variação espacial de um atributo como uma função do conjunto de localizações para um domínio de atributo.

O modelo baseado em objetos representa o mundo como um conjunto de entidades discretas e identificáveis que não necessitam de ser associadas a fenómenos geográficos específicos. Cada entidade contém uma referência geoespacial. Os edifícios e os caminhos

¹<http://www.qgis.org/>

²<https://spring.io/>

³<http://www.gvsig.com/>

⁴<http://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence.html>

⁵<https://www.arcgis.com/>

encaixam-se neste modelo. Neste modelos, os dados são aglomerados numa relação simples ou em vários grupos de tuplos.

Enquanto que no modelo baseado em camadas as entidades são funções da ferramenta espacial para outros atributos, no modelo baseado em objetos constrói-se um conjunto de entidades com uma incorporação espacial.

Quando é desenvolvida uma base de dados geográfica é utilizado o modelo baseado em camadas. Uma ferramenta espacial é uma partição de uma região do espaço que forma uma coleção de figuras planas que preenche o plano sem sobreposições nem falhas de objetos espaciais. A combinação de ferramentas espaciais e de camadas atribui valores a cada localização. Esta combinação produz o que se chama de *layers* (camadas).

Ortogonalmente ao conceito de modelo GIS, tem-se os formatos utilizados para representação de dados geográficos. Estes formatos dividem-se em dois tipos fundamentais: dados raster e vectoriais. A figura 2.8 apresenta estes dois tipos de representação de informação geográfica destacando as suas diferenças.

Os dados baseados em *raster* normalmente estão associados a formatos tipo celular, onde uma célula representa uma zona geográfica com uma determinada forma e dimensão. É possível fazer um paralelo com a representação de imagens raster. Nos dados vectoriais, as entidades geográficas são definidas de forma completa com base em vetores. Desta forma, naturalmente, os dados *raster* adaptam-se melhor a um modelo em camadas, que ocupa todo o espaço representado, enquanto que o modelo de objetos está normalmente associado a dados vectoriais, que povoam individualmente uma representação de uma região, originalmente vazia. São associações naturais. No entanto, é possível apresentar uma camada que cobre todo o espaço em estudo com objetos vectoriais. Por exemplo, um mapa com todos os concelhos de Portugal onde cada concelho tem uma representação vetorial e a soma de todos os concelhos dá a cobertura total do continente sem falhas nem sobreposições.

2.2.1.1 Dados Raster

Os dados *raster* são representados por uma matriz com linhas e colunas que contêm as células como unidade fundamental. As células por vezes são chamadas de *pixels*. A cada célula é associado um conjunto de valores que representam as características geográficas da região. A utilização do formato *raster* para representação de dados espaciais está bastante perto da imagem, embora não seja exatamente a mesma coisa, pois podemos representar informação *raster* sem ser com imagens. Um exemplo desta situação é que a cada célula *raster* é possível associar um conjunto de informação, como um conjunto de atributos numa tabela. Outro exemplo são os modelos digitais de terreno. A este tipo de dados chamamos coberturas pois a sua representação é completa, não existindo zonas vazias no ficheiro.

Existem formatos de imagem que se adaptam facilmente à representação espacial porque podem ter uma referência espacial associada, como as imagens de satélite, imagens

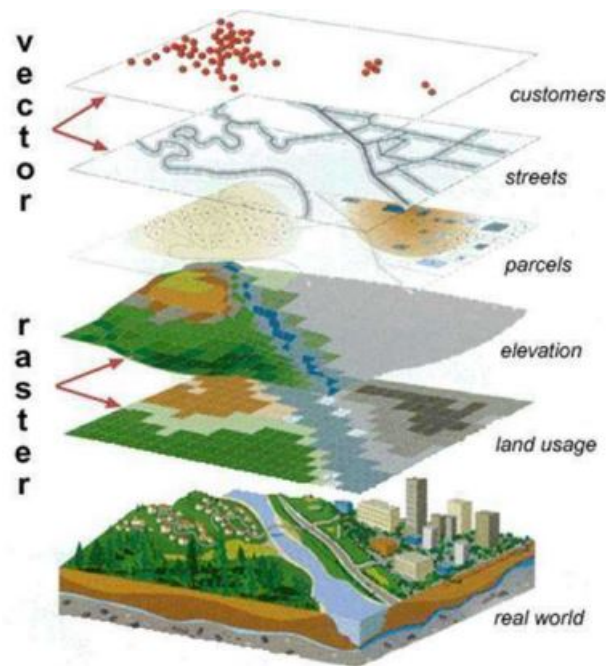


Figura 2.8: *Layers* com os vários tipos de dados espaciais. Fonte: [21].

de radar e imagens aéreas. Normalmente, os GIS conhecidos suportam estes formatos de imagens[22]. No entanto, todos os GIS têm também formatos proprietários para a representação espacial *raster*.

Os dados em formato *raster* trazem algumas vantagens nos GIS, tais como [23, 24]:

- Estrutura de dados simples, fácil de perceber e utilizar. Na malha, cada célula é representada por um único código;
- A simples estrutura em malha facilita a análise dos dados devido à natureza do armazenamento de dados. Rapidamente é possível comparar uma posição dos vários dados existentes (uma célula de cada malha) e realizar uma análise da mesma;
- Ideais para modelagem matemática e análise quantitativa devido à utilização de atributos. O processo de cálculo é aplicado célula a célula;
- Pelo facto das estruturas *raster* serem relativamente simples, não é necessário dispositivos tecnológicos muito avançados para a sua administração;
- Fácil geração de novos conjuntos de dados devido à fácil sobreposição.

Apesar das vantagens acima descritas, os *raster* também trazem limitações como:

- A falta de exatidão espacial. Os mapas *raster* têm uma fraca qualidade gráfica, em comparação com os vetoriais. Para uma maior precisão, ou resolução, dos dados é necessário um maior número de células. O aumento do número de células significa

um aumento do volume de dados e uma computação e apresentação de dados mais lenta;

- O uso de células mais largas para reduzir o volume dos dados, o que pode resultar na diminuição de precisão das mesmas implicando uma perda de informação. Com células mais largas, cada uma terá uma representação generalizada, o que torna os resultados de baixa qualidade relativamente aos resultados dos dados vetoriais. Mesmo o uso de um número maior de células pode garantir apenas melhor resolução, e não necessariamente alcançar uma precisão satisfatória;
- O armazenamento de grandes quantidades de dados. Todas as células têm um código associado o que implica guardar grandes volumes de dados, especialmente para altas resoluções.

2.2.1.2 Dados Vetoriais

Os dados vetoriais são representados pelos seguintes tipos geométricos: pontos, linhas ou polígonos. A representação dos objetos geográficos é baseada em vetores sendo possível a agregação de atributos aos mesmos, permitindo colocar informação descritiva associada à informação geográfica.

As entidades geográficas lineares, como ruas e redes de tráfego, são representadas em formato vetorial. Ao contrário dos dados *raster* que têm uma cobertura contínua, os dados em formato vetorial são apresentados como dados discretos, com cobertura descontínua ou irregular, o que implica a existência de espaço de base vazio, povoado por objetos que podem ter uma representação espacial mais ou menos complexa. As vantagens dos dados vetoriais num sistema de informação geográfica são [23]:

- Os dados podem ser representados com a sua resolução original;
- Os gráficos são normalmente mais agradáveis esteticamente;
- Permitem a codificação eficiente da topologia, e como resultado, a possibilidade de execução de operações mais eficientes que exigem informação topológica, como a proximidade;
- Os dados vetoriais normalmente têm um tamanho menor do que os dados *raster*, o que traz vantagens no armazenamento.

Embora os dados vetoriais sejam largamente implementados em GIS, estes também têm as suas limitações como: a difícil combinação de polígonos através de sobreposições, o que até pode levar a erros na observação dos dados; a dificuldade de análise espacial de polígonos e filtragem, e uma adaptação fraca aos fenómenos contínuos, como dados de elevação.

Shapefile

O *shapefile* [25] é um dos formatos de ficheiro que armazena dados vetoriais. Este formato desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) é o formato vetorial mais utilizado, guardando informação geométrica não topológica, como as coordenadas de localização e a sua forma, baseada em linhas e polígonos, assim como atributos descritivos dos elementos espaciais. Devido à sua estrutura não topológica, estes ficheiros trazem a vantagem de serem rápidos a desenhar e editar. Os *shapefiles* conseguem lidar bem com elementos sobrepostos ou que não são contínuos. Este formato vetorial é de fácil análise e desenvolvimento, por isso é adequado para pequenas e médias aplicações.

Um ESRI *Shapefile* é composto por três ficheiros físicos:

Ficheiro principal Acesso direto aos elementos espaciais. Contém a forma de cada elemento e os respetivos vértices. A sua extensão é .shp.

Ficheiro de índices Ficheiro em que cada tuplo contém o *offset* do tuplo correspondente no ficheiro principal. A sua extensão é .shx.

Tabela dBASE Tabela que contém os atributos de cada elemento. Os tuplos têm que estar obrigatoriamente pela mesma ordem em que se encontram no ficheiro principal. A sua extensão é .dbf.

É de notar que todos estes elementos têm que ter o mesmo nome e apenas a extensão diferente, consoante o tipo de ficheiro.

2.3 WebGIS

Um WebGIS é um sistema de informação geográfica que utiliza tecnologias *web* na sua composição para comunicar entre um servidor e um cliente, tornando-se num tipo de sistema de informação distribuída[21], tal como demonstrado na figura 2.10. As tecnologias utilizadas num WebGIS servem para comunicar entre os diferentes elementos do sistema. Um WebGIS é qualquer GIS que utilize tecnologias *web* para comunicar entre os componentes. Na sua arquitetura é necessário a existência de pelo menos um cliente e um servidor, onde o cliente pode ser representado por uma aplicação de *desktop*, um navegador *web* ou uma aplicação móvel que irá permitir aos utilizadores comunicarem com o servidor. Por sua vez, o servidor é sempre um servidor GIS. O servidor e o cliente comunicam via HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) como demonstrado na figura 2.9. Sendo assim, a *web* permitiu que um GIS não fosse apenas mais acessível para os utilizadores nas suas empresas e habitações, mas também permitiu a existência de uma maior flexibilidade através de APIs baseadas em *web*. Estas vieram não só facilitar a integração com outros sistemas de informação, mudando consideravelmente o modo como a informação geográfica é transmitida, publicada, partilhada e visualizada, mas também conseguir fazer chegar a informação a um público maior.

O WebGIS muitas vezes pode ser confundido com outros termos como Internet GIS

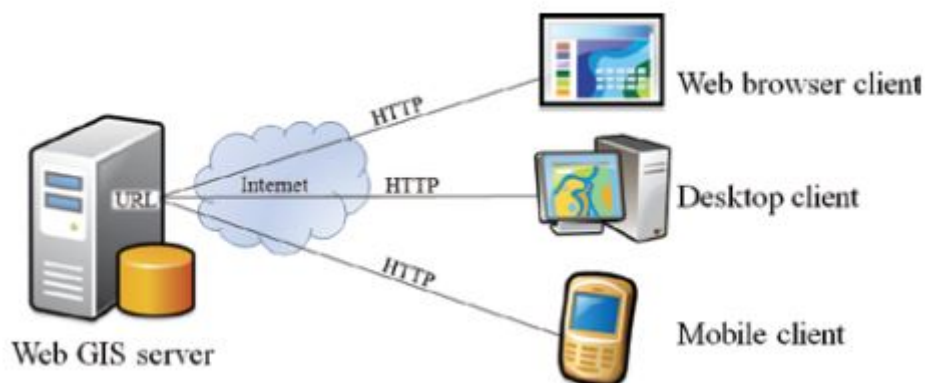


Figura 2.9: Simples arquitetura de um WebGIS, retirado de [21]

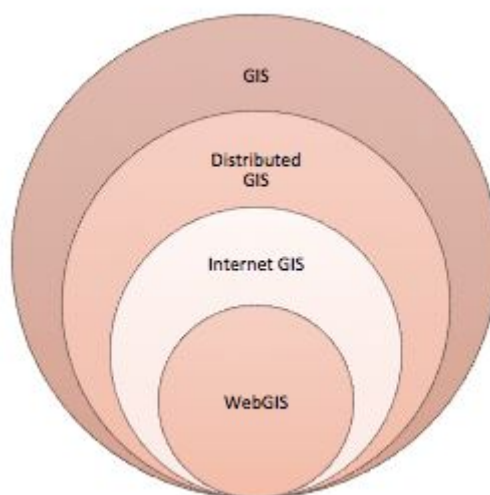


Figura 2.10: Sub-divisão de um GIS retirado de [26]

mas é apenas um descendente do mesmo. Um sistema como o Internet GIS é um sistema que utiliza vários serviços e não apenas serviços *web*, como o sistema mencionado neste subcapítulo. A *web* é a principal atração da Internet e é o serviço mais utilizado e por isso mesmo é que o WebGIS é um sistema mais universal do que o Internet GIS.

Para além do uso da Internet para aceder a informações através da *web*, o WebGIS tem outras vantagens em relação ao GIS, tais como:

Maior alcance

Uma aplicação WebGIS pode ser disponibilizada a todo o mundo e todos a podem visualizar. Um utilizador consegue aceder às aplicações a partir de casa ou até mesmo através de dispositivos móveis.

Maior número de utilizadores

Um GIS é normalmente utilizado apenas por um utilizador de cada vez, enquanto que um WebGIS pode ser utilizado por centenas de utilizadores simultaneamente. Esta característica requer um desempenho e uma escalabilidade muito maior do que num GIS.

Mudança de plataforma

A maioria dos clientes de um sistema como o WebGIS são navegadores *web*. A grande maioria dos navegadores *web* cumprem com os requisitos *standards* de HTML e Javascript, o que obriga o WebGIS adaptar-se à maioria dos navegadores e a basear-se em clientes HTML tipicamente suportados por diferentes sistemas operativos.

Baixo custo

Normalmente não é necessário pagar ou comprar um software para poder utilizar um WebGIS. As organizações que precisam de fornecer capacidades GIS a vários utilizadores, via *web browser*, conseguem manter os custos de um WebGIS baixos, pois estes ficam limitados aos serviços a criar e disponibilizar.

Facilidade em utilizar

O *desktop* GIS é desenhado para utilizadores profissionais já com treino e experiência em GIS, enquanto que o WebGIS é desenhado para o público em geral, que até pode não ter qualquer conhecimento sobre GIS. Um WebGIS deve ser tão simples de utilizar como uma página *web* qualquer.

Atualização única

Num *desktop* GIS, as atualizações para novas versões têm que ser instaladas em todos os computadores. Para um WebGIS, uma atualização funciona para todos os utilizadores tornando as atualizações significativamente mais fáceis.

Diversas aplicações

Como um WebGIS pode ser utilizado por qualquer pessoa, isso resulta numa maior variedade de aplicações do que num *desktop* GIS que é apenas utilizado por profissionais.

2.4 A importância de reutilização nos sistemas atuais

Os metadados são informação estruturada que descreve, explica, localiza e que torna mais fácil a recuperação, utilização e gestão de recursos de informação. Estes são fundamentais para garantir que os dados não são perdidos e que continuam a poder ser acedidos no futuro [27]. Os metadados anotam instâncias de dados, guardam características dos dados e descrevem as circunstâncias de como os dados estão dentro de um contexto. Estes ajudam as aplicações a avaliar a qualidade dos dados e a seleccionar os pretendidos. Os metadados também conseguem aumentar a flexibilidade e facilitar a integração de vários modelos de contexto num único global, tornando-se bastante vantajosos. Isto permitirá,

a várias aplicações e fornecedores de dados, a partilha de imensos dados e a redução dos tempos e custos de desenvolvimento [28]. Basicamente, os metadados não são mais do que dados que descrevem os dados originais.

Tal como os metadados são definidos por serem dados sobre dados, um metamodelo é definido como um modelo sobre modelos. Um modelo é uma abstração de um sistema permitindo a realização de previsões ou inferências [29].

A abstração proveniente dos metadados pode trazer vantagens ao nível da reutilização de elementos. A reutilização de software[30] tenta minimizar riscos associados com o processo de desenvolvimento bem como os altos custos associados com o desenvolvimento de novos sistemas. Uma tecnologia que desenvolve componentes reutilizáveis para sistemas como o GIS ajuda a melhorar a qualidade, a fiabilidade e a flexibilidade de sistemas de software. A reutilização pode ser dividida em duas categorias: reutilização de produtos e reutilização de processos.

A reutilização de produtos é definida como a reutilização de todos os tipos de componentes do produto num desenvolvimento de software como o *design*, a programação, casos de teste, dados, etc.

Por outro lado, a reutilização de processos refere-se ao processo de gerar sistemas pretendidos de forma automática e transformar sistemas de software que estão a ser reutilizados em novos sistemas.

A reutilização é um conceito importante, especialmente no desenvolvimento de aplicações *web*, pois estas têm que ser desenvolvidas o mais rapidamente possível e são frequentemente modificadas.

A reutilização de software é muito utilizada na área da engenharia de software baseada em componentes. Esta foca-se no desenho e no desenvolvimento de sistemas de software que re-utilizam componentes. Esta aproximação é baseada na ideia de desenvolver sistemas de software selecionando componentes reutilizáveis apropriados e em pré construção e de seguida reunir os mesmos numa arquitetura de software bem definida.

O desenvolvimento de software baseado em componentes é baseado na ideia de que existem componentes semelhantes em diferentes sistemas de software e que novos sistemas podem facilmente ser desenvolvidos utilizando esses componentes em vez de iniciar o desenvolvimento desde o início.

Sendo assim, a arquitetura de sistemas GIS pode ser simplificada pela união e integração de componente reutilizáveis pré fabricados através de interfaces bem definidas.

No contexto desta dissertação pretende-se desenvolver uma plataforma que possa servir de base à conceção de várias aplicações. Estas aplicações terão uma base comum em termos do modelo de dados e da ligação entre os vários componentes (GIS e base de dados). Neste contexto, a avaliação da importância da reutilização neste projeto é de grande relevância.

2.5 ArcGIS Online

O ArcGIS Online é uma das vertentes da ferramenta ArcGIS, um produto ESRI que consiste na utilização de informação geográfica associada ao pacote GIS desta companhia que permite organizar e analisar informação georreferenciada. Este WebGIS *online* permite criar mapas interativos e aplicações *web* que se podem partilhar com outros utilizadores, virtualmente. A partir dos conteúdos, das aplicações e dos modelos prontos a utilizar na plataforma, é possível produzir mapas e aplicações *web* de imediato. Para além disso, uma outra vantagem é o acesso aos seus conteúdos a partir de qualquer tipo de plataforma, como navegadores *web*, *smartphones* ou *tablets*.

2.5.1 Criação de um mapa interativo

A criação de um mapa no ArcGIS Online é simples e intuitiva[31]. A ferramenta intitula estes mapas como *web map*. Os *web maps* fornecem uma maneira de trabalhar e interagir com o conteúdo geográfico organizado por camadas. Eles são compartilhados na *web* e cada um desses mapas contém um mapa base de referência junto com um conjunto de camadas de dados adicionais, além de estar associado a um conjunto de ferramentas que funcionam nessas camadas. As ferramentas podem fazer tarefas simples, como abrir uma janela popup quando se clica no mapa, ou tarefas mais complexas. As camadas de informação geográfica podem surgir através de ficheiros do tipo Shapefile, mas também CSV e TXT, desde que cada objeto geográfico contido no ficheiro contenha um atributo com o endereço (morada) ou os atributos latitude e longitude delimitados por vírgula, ponto e vírgula ou separador.

O ArcGIS Online também permite a colocação de camadas *web* através de endereços (URL), desde que os mesmos sejam um serviço *web* de ArcGIS Server, ou um ficheiro KML ou CSV. Também é possível a pesquisa de camadas públicas existentes no ArcGIS Online de outros utilizadores e inserir as mesmas no mapa. Após a adição das camadas, é possível a configuração e alteração das formas de visualização da informação a mostrar nas janelas de *pop-up*: quais os campos que se pretende colocar na janela de *pop-up*, o nome de cada um e a sua ordem de exibição na janela. Consegue-se ainda colocar um título que apareça igual em todas as janelas, mas também permite a colocação de um título que esteja relacionado com a informação de um atributo do ponto georreferenciado. Estes mapas *web* tornam possível a personalização dos pontos de cada camada inserida individualmente.

Uma vertente importante nos mapas é o mapa base de referência. Os mapas podem ter diferentes bases conforme o objetivo dos mesmos. No ArcGIS Online há várias possibilidades de mapas base, como o mapa topográfico, o mapa de imagem, ou até mesmo o mapa que contém, como base, o tipo de terreno. Na imagem 2.11 vemos a adição de três camadas num *web map* que contém por base um mapa de imagem. Os pontos referentes ao McDonalds provieram da busca de camadas públicas existentes na plataforma. Os



Figura 2.11: Exemplo de visualização de várias camadas num único *web map* na ferramenta ArcGIS Online

polígonos laranjas referentes a edifícios foram inseridos através de um ZIP com ficheiros Shapefile, e por último os edifícios a amarelos foram adicionados através de um serviço *web* de ArcGIS Server, referente ao projeto LxConventos. Este *web map* pode ser tornado público e partilhado com outros utilizadores.

O ArcGIS Online contém a possibilidade de criar aplicações com os mapas. Estas aplicações estão armazenadas no ArcGIS Online, apenas tem que se escolher o tipo de aplicação mais indicado para o criador do mapa. Tanto a interface do *web map* como as aplicações geradas pelo ArcGIS Online contêm um identificador para aceder aos mesmos e estão estruturados para possibilitar a visualização em *smartphones* e *tablets*.

Sumariando, para a criação destes *web maps*, o utilizador pode efetuar as seguintes operações:

- Selecionar o mapa base de referência;
- Efetuar *zoom* para a escolha do local que quer mostrar ao abrir o mapa;
- Adicionar camadas e personalizar as mesmas, como configurar os símbolos que caracterizam os dados geográficos e editar a informação a visualizar;
- Partilhar o mapa com outros utilizadores;
- Gerar uma aplicação *web* com o mapa criado.

Nesta dissertação só iremos abordar camadas referentes a serviços *web* de ArcGIS Servers e ficheiros CSV.

2.5.2 Criação de uma aplicação *web*

O ArcGIS Online contém vários modelos de aplicações *web*, uns que combinam os mapas com texto e conteúdo multimédia, uns básicos só com pesquisa de informação onde a interface contém o mapa como centro de focagem, modelos de comparações e análises de

camadas, modelos direcionados para a criação e verificação de rotas, entre outros. Esta ferramenta ainda permite não só a configuração da aplicação escolhida que fica armazenada na própria plataforma como permite descarregar a aplicação *web* para utilização num servidor externo.

Para concluir a criação da aplicação *web*, e após a escolha da interface da aplicação, é necessário a escolha de um mapa. Este pode ser algum mapa público existente partilhado por outros utilizadores, ou um mapa criado pelo próprio utilizador. Um exemplo seria o mapa mostrado na figura 2.11. De notar que sempre que houver uma alteração no mapa original esta será efetuada também no mapa da aplicação *web* gerada. O ArcGIS Online permite alterar as cores e contém algumas opções adicionais que o utilizador pode incluir na sua interface, como pesquisas através do sistema mundial de georreferenciação ou sob as camadas do mapa, e ativação da localização do utilizador que está a interagir com o mapa.

No âmbito desta dissertação, a interface a utilizar na aplicação *web* será simples, centrada no mapa, e será descarregada pois o objetivo é conseguir inserir informação adicional, retirada de um servidor externo, em cada janela de *pop-up* dos pontos já georreferenciados, através de um plataforma de configuração. Para efetuar este processo de configuração de janelas de *pop-up*, vai ser necessário alterar o código, gerado pelo ArcGIS Online, que faz a gestão da informação da janela de *pop-up* associada aos objetos geográficos do mapa, possibilitando a inserção de dados complementares.

2.6 Síntese

Os sistemas de informação geográfica integram ações de armazenamento, análise e visualização de informação geográfica num só sistema aplicado a dispositivos computacionais que contêm os mapas como objetos de referência. Toda a informação existente nestes sistemas é dividida em informação *raster* e informação vetorial. Cada um destes modos de representação de informação é suportado por camadas de informação nos GIS. Ao criar a sobreposição destas camadas será criado um mapa que procura representar a realidade. Uma das maneiras mais populares de representação e armazenamento de elementos geográficos é através de ficheiros *shapefiles* devido à facilidade de manusear os dados vetoriais contidos e à sua dimensão reduzida, embora guardem grandes quantidades de informação. Para uma maior disponibilidade, partilha e reconhecimento da informação geoespacial será interessante desenvolver um sistema de informação geográfico apoiado em tecnologias *web* (WebGIS).

Muitas instituições produtoras de informação cultural, como câmaras municipais e centros de investigação, efetuaram levantamentos completos de elementos contidos no seu território, tanto ao nível espacial como patrimonial. Muitos destes levantamentos geográficos foram registados em formato *shapefile* ou suportados por tecnologia. Será então importante ter uma plataforma *web* que consiga aceder aos mesmos rapidamente e sem muitas complicações. Para facilitar a integração da informação vinda de diversas fontes

será relevante desenvolver algo que guarde o modo de conexão dos dados, bem como as informações a visualizar, aumentando a flexibilidade da plataforma e permitindo a futura junção de servidores ao sistema minimizando as alterações.

TRABALHO RELACIONADO

O património cultural é um tema de interesse para várias entidades como municípios, empresas de turismo e até mesmo para os próprios turistas. Este capítulo apresenta a análise feita sobre alguns projetos relacionados com a dissertação. Contém projetos que utilizam WebGIS por base, projetos sobre o turismo que utilizam mapas e projetos relacionados com o património. Na primeira secção (Secção 3.1) é abordado o projeto LxConventos, para uma melhor perceção da estrutura e dos elementos que foram fundamentais para a concretização deste projeto. Na secção seguinte é feita uma análise a projetos que utilizam um sistema WebGIS e sobre como o mesmo era fundamental para o sucesso dos projetos. Na mesma secção achou-se relevante destacar alguns projetos que cruzam informação associada a turismo com mapas e a sua interatividade. Por fim, foi realizada uma secção de síntese que engloba a importância de todos os elementos mencionados neste capítulo bem como o que contribuíram para a elaboração da proposta de solução.

3.1 LxConventos

Esta plataforma analisa a transformação e a decomposição de ordens religiosas desde o século XIX em Lisboa. O objetivo do LxConventos é demonstrar como é decisiva a extinção de conventos no desenvolvimento urbano da cidade. Os utilizadores conseguem visualizar e estudar os edifícios e a mudança temporal, quer dos mesmos quer do meio envolvente, através de uma plataforma interativa. Para além disso, é possível observar uma viagem temporal sobre os vestígios disponíveis de alguns dos edifícios religiosos. O LxConventos está preparado para receber diferentes tipos de dados de vários períodos temporais e criar uma estrutura temporária da evolução dos edifícios a partir desses mesmos dados. Esta estrutura é utilizada para gerar uma interface interativa com o intuito de visualizar a evolução dos edifícios referentes aos dados recebidos.

O utilizador, ao visualizar o mapa e a representação espacial de diferentes edifícios religiosos inseridos no mapa, consegue aceder à informação de cada edifício e navegar na sua representação evolutiva em 3D. Os edifícios estão assinalados através de pontos ou polígonos conforme a sua estrutura. Esta informação é relevante para o conhecimento da disposição dos elementos na cidade e para conhecer as alterações dos edifícios ao passar dos anos.

O projeto LxConventos [32, 33] contém uma vasta informação que é fornecida através de cartografias históricas e contemporâneas, fotos georreferenciadas, vídeos e modelos 3D. Assim, a informação disponível de cada edifício no mapa é maioritariamente baseada em informação textual e imagens, mas também estão disponíveis visualizações 3D e plantas da estrutura dos mesmos. A figura 3.1 demonstra um protótipo de análise dos edifícios religiosos através do desenho de polígonos como demonstração da localização dos mesmos. Este projeto contém dados vetoriais provenientes de *shapefiles* e de tabelas. A existência de duas camadas em formato *shapefile* com a informação espacial dos edifícios religiosos em duas épocas diferentes permite verificar as diferenças na extensão espacial dos edifícios entre 1834 e 2015. Para uma melhor comparação e análise dos dados, a plataforma permite sobrepôr a cartografia histórica sobre as camadas representativas dos edifícios religiosos duas datas relevantes.

No desenvolvimento da plataforma foi usada a ArcGIS JavaScript API, para manipulação dos dados geográficos em formato *shapefile*. Os dados geográficos (mapa interativo, mapas históricos e camadas vetoriais de 1834 e 2015) estão residentes no servidor de dados geográficos da CML, enquanto que os dados sobre o património estão na base de dados do património que também tem um servidor de dados associado, mas que não tem características espaciais. Embora tenha sido uma das dificuldades do projeto, a plataforma não duplicou a informação das diversas fontes para a sua produção e encontrou uma solução para integrar toda esta informação. Este sistema constituiu uma agradável surpresa para a ESRI Portugal¹ pois este tipo de integração nunca tinha sido feita anteriormente.

Embora a estrutura desenvolvida tenha sido elaborada de forma independente dos dados, ela foi criada para desenvolver apenas a plataforma LxConventos, não sendo configurável. O trabalho a desenvolver no contexto desta dissertação será então uma plataforma semelhante ao LxConventos mas que possa ser aproveitada por outras instituições e que funcione para camadas geográficas residentes no ArcGIS Online. Esta ferramenta não é utilizada no LxConventos.

¹<http://www.esriportugal.pt/>



Figura 3.1: Demonstração do mapa interativo do LxConventos com a representação a azul dos edifícios religiosos existentes.

3.2 Plataformas WebGIS

Em [34], os autores demonstram, através de um WebGIS, o mapa da realidade da vila Rahimpur. O seu objetivo era a atualização dos mapas antigos existentes por mapas temáticos e modernos. Conseguiram a criação dos mesmos através de *shapefiles* existentes com a informação de casas, circuitos de água canalizada, postes de eletricidade, funções lineares de estradas e ruas, entre outros. Foram digitalizados mapas para a criação de imagens *raster* e extraídas as fronteiras da vila a partir das imagens de satélite georreferenciadas. Assim, conseguiram colecionar dados de diversos recursos e processaram o conjuntos de informação com o software QGIS. Para ser possível a edição dos dados inseridos na plataforma, foi criado um sistema de manutenção para utilizadores específicos. A plataforma de mapas utilizada foi a Bing². Como esta plataforma não consegue lidar diretamente com dados em formato *shapefile*, estes tiveram que sofrer alterações para conseguirem incluir nos mapas Bing, transformando o seu formato para GeoJSON, uma outra forma de representação de dados geográficos que é suportada pelo Bing. A base de dados da plataforma contém informação topográfica, imagens de satélite e informação proveniente de pesquisas elaboradas.

Em [35] foi criada uma plataforma para um geoparque também baseada num WebGIS. Todos os dados de património geológicos foram integrados pela tecnologia ArcGIS para a criação do sistema. A construção e o desenvolvimento de uma plataforma interativa relacionada com o geoparque tornou-se fundamental para proteger o património geológico mas também para ser possível o desenvolvimento de novos recursos de turismo para suportar o desenvolvimento da economia local. Como o sistema envolve muitas fotografias, esta plataforma utiliza um sistema de ficheiros para armazenar as mesmas.

²<https://www.bing.com/>

Em [36], foi desenvolvida uma plataforma WebGIS que se destina a estimar o impacto da urbanização na biodiversidade usando informação genética pois a biodiversidade contém um papel de extrema importância em áreas urbanas. A utilização de uma plataforma WebGIS foi importante para permitir aos residentes de Genebra indicar num mapa interativo a localização geográfica dos lagos e transmitir a informação sobre as espécies que se conseguem observar nessa área. É uma aplicação *web* baseada em desenvolvimento HTML5/CSS3 usando bibliotecas do JavaScript que fornecem mapas com funcionalidades úteis para este projeto. O *Leaflet* é uma das bibliotecas do JavaScript incluídas na plataforma, uma ferramenta de mapas interativos *user-friendly* que tem uma boa prestação e dá importância à usabilidade. Utilizam também a agregação de pontos quando o mapa é visualizado em larga escala, como é possível visualizar na figura 3.2. No lado do servidor utilizam PHP e armazenam os dados num base de dados que é gerida pelo PostgreSQL/PostGIS.

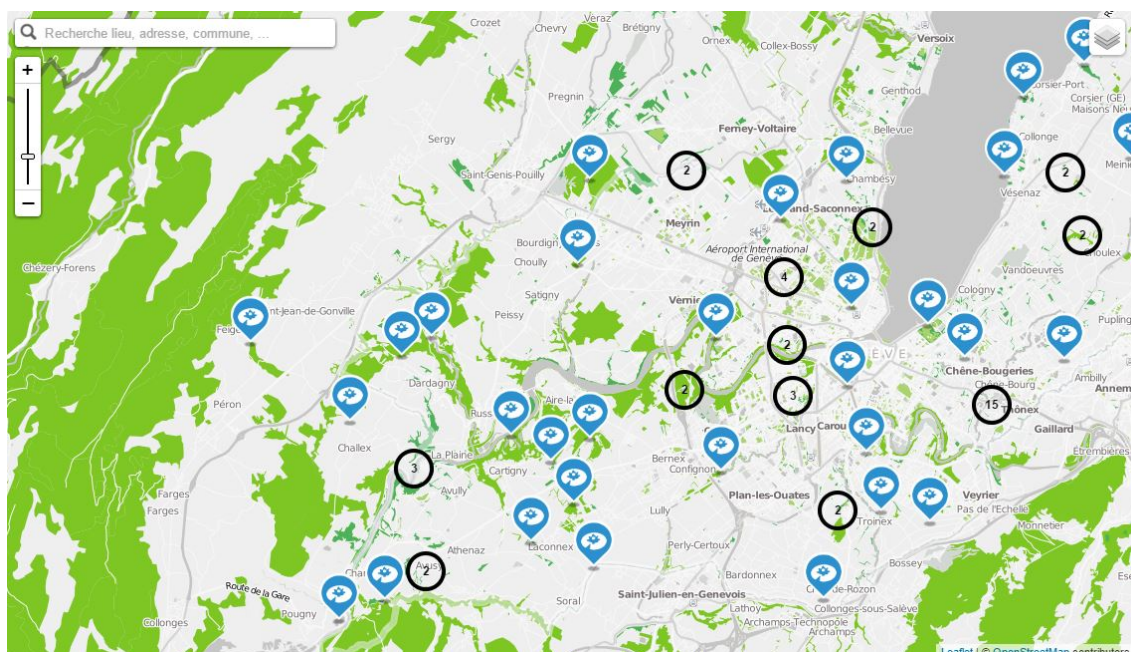


Figura 3.2: Mapa de análise da biodiversidade em Genebra.

Duran et al [37] demonstram que a ligação de dados espaciais com informação multimédia facilita o inventário, a avaliação e preservação de sites históricos. Os dados multimédia associados a objetos localizados no espaço é útil pois facilita as análises a desenvolver. O resultado é um sistema que tem vantagens dos dois mundos. Isto permite aos utilizadores acederem facilmente à mais recente informação associada a estruturas históricas.

Este projeto de Duran contém dois tipos de base de dados: uma que contém os dados gráficos e geométricos e outra que contém os dados numéricos relacionados com os dados gráficos. Ambas as base de dados são ligadas e geridas por um *software* GIS. São criados

objetos que ligam os dados espaciais com informação não gráfica com o intuito de juntar dois recursos diferentes e obter informação mais elaborada no momento da análise dos dados. Quando se pretende representar um determinado conjunto de informação de forma espacial, é frequente ser necessário utilizar uma base geográfica e depois associar a localização de cada objeto a um conjunto mais um menos complexo de informação referente ao mesmo. Existe então necessidade de suportar a ligação entre estas duas componentes que podem estar distribuídas fisicamente e semanticamente.

3.2.1 Turismo

O turismo é uma área de muito interesse atualmente por todas as pessoas e em certa parte está ligada ao património cultural de cada país. É de notar que existem cada vez mais mapas interativos que demonstram a localização de pontos de interesse para um viajante conseguir observar melhor onde se encontra num determinado momento e obter simultaneamente a informação necessária sobre o mesmo ponto. Este tipo de sistema facilita significativamente a vida aos turistas, permitindo-lhes assim ter um mapa sempre com eles, através de dispositivos móveis, não existindo o risco de o perder ou de rasgar-se, como acontece com os mapas em papel.

Neste sentido, os WebGIS são não só ferramentas essenciais para a geografia e estudos complementares como têm uma enorme utilidade em aplicações relacionadas com o turismo.

Em Campinas[38] foi criada uma plataforma que promove a acessibilidade das atrações turísticas. Esta fornece informação sobre as atrações culturais e naturais deste estado do Brasil. Como os WebGIS tornaram-se populares devido à atual necessidade de partilha de informação geográfica, estes trouxeram a possibilidade de planear e melhorar atividades económicas como o turismo, pela sua contribuição na partilha de informação. Assim, foi importante a criação de uma plataforma que utiliza este sistema com capacidade de organizar as áreas turísticas bem como publicitar informação relacionada com o turismo em Campinas. A existência de informação espacial num WebGIS permitiu aos turistas localizar atrações de interesse e verificar a disponibilidade de equipamentos e acessos a transportes de modo a ser possível planear qualquer visita turística.

Segundo Polidoro e Barros [39], a importância de usar um WebGIS vem da sua capacidade de agregar, numa base de dados, informações sobre vários pontos e áreas, podendo ser visualizados espacialmente em forma de mapas. O intuito do trabalho descrito pelos autores é desenvolver um sistema de informação geográfica em ambiente *web*, aplicado ao turismo no município de Londrina, que propague a informação sobre o mesmo pela Internet. Os autores utilizaram como *software* o AlovMap, uma aplicação para a publicação de mapas em formato vetorial ou *raster* com visualizações interativas em navegadores *web*, possibilitando ao utilizador trabalhar com múltiplas camadas, mapas temáticos e com base de dados internas. É um ótima ferramenta para sistematizar múltiplas informações disponíveis em diversas fontes e agregar dados numa única base de dados. Este tipo de

sistemas é altamente útil tanto para turistas como para os elementos responsáveis pelo planeamento e gestão da atividade.

Segundo Marujo e Carvalho[40] o turismo tornou-se uma atividade extremamente desejada para muitas regiões e nas mais importantes da economia global. Em Portugal também existe a necessidade de criação de plataformas WebGIS para o desenvolvimento da atividade turística.

No caso do município de Lousada³, situado a noroeste de Portugal, professores e geógrafos verificaram que a utilização de um Sistema de Informação Geográfica poderia potencializar o turismo do município[41]. Decidiram avaliar os recursos disponibilizados em Lousada, diagnosticaram o trabalho existente na utilização de WebGIS em câmara municipais envolvendo o turismo e construíram um sistema simplificado com o intuito de proporcionar a visualização da informação ligada ao turismo no local e que esta possa ser utilizada pelos visitantes do município. O município de Lousada já pertencia a alguns produtos turísticos como a Rota do Românico⁴, uma das rotas arquitetónicas de maior interesse em Portugal.

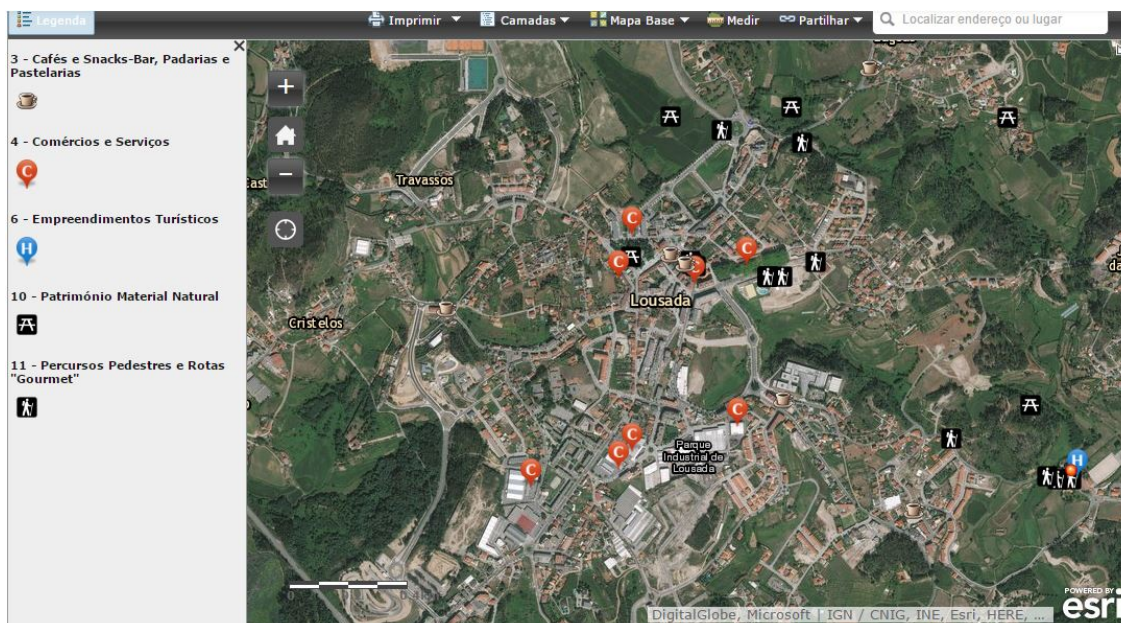


Figura 3.3: Mapa com informação turística de Lousada.

Os responsáveis pelo projeto recorreram à plataforma ArcGIS Online para a construção do WebGIS com a informação turística do local. A aplicação pode ser visualizada na Figura 3.3. Foi elaborada uma base de dados interna e procedeu-se à georreferenciação da mesma em ficheiros no formato *shapefile*. Foram estes os ficheiros utilizados como camadas no ArcGIS Online e que tornaram possível a visualização da informação.

³<http://www.cm-lousada.pt/>

⁴<http://www.rotadoromanico.com/>

Neste caso, os responsáveis tiveram que agrupar a informação turística com a informação georreferenciada para criar o mapa interativo.

3.3 Síntese

Após várias pesquisas relacionadas com esta dissertação, notou-se uma importância significativa no uso de WebGIS no que se refere à visualização de dados geoespaciais.

No caso do LxConventos foi bastante importante a produção de um mecanismo que conseguisse efetuar a ligação entre dados de diferentes servidores permitindo a visualização de informação geográfica proveniente de diversas fontes. Esta funcionalidade é relevante para o desenvolvimento do projeto da dissertação para uma maior partilha de informação. No entanto, o LxConventos é uma plataforma que apenas funciona para conjuntos de dados específicos.

Os sistemas WebGIS mencionados vieram dar a conhecer e a aumentar a divulgação não só do turismo mas de qualquer atividade económica e cultural, em todo o mundo, embora não integrem informação existente em bases de dados externas aos objetos georreferenciados. O Brasil foi um dos países que aproveitou os sistemas WebGIS para a sua expansão. Portugal tem potencialidade para efetuar o mesmo.

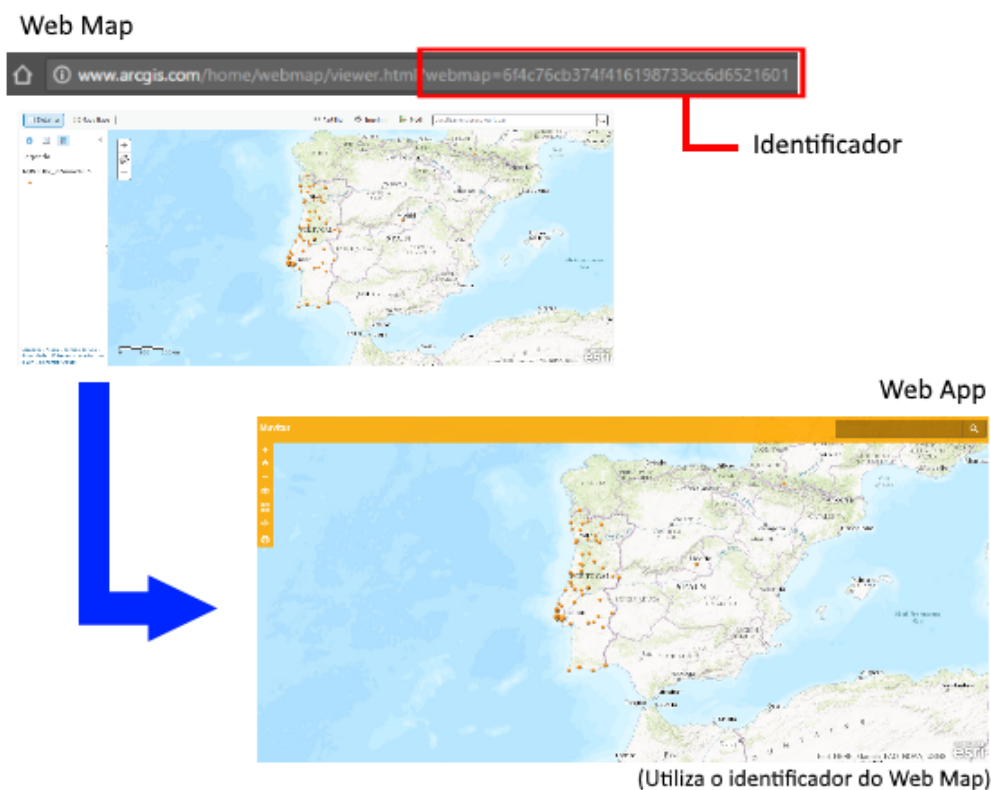
Em suma, existe a necessidade das autarquias locais criarem ligações entre mapas disponibilizados online com vários tipos de base de dados externas. Assim sendo, é fundamental produzir plataformas que possibilitem a disponibilização da informação cultural com informação georreferenciada através de mapas num único sistema sem grandes problemas, evitando a duplicação de informação. Seria então importante a criação de plataformas que não estejam limitadas a um conjunto de dados mas onde seja possível configurar uma ligação a bases de dados externas.

CONCEPÇÃO DO SISTEMA

Neste capítulo são apresentadas e descritas as tecnologias que foram utilizadas para desenvolver as aplicações da dissertação. Seguidamente é apresentada a arquitetura do sistema para a visualização da interação entre as várias tecnologias.

Nesta dissertação pretende-se desenvolver uma aplicação que relacione dados georreferenciados com informação mais detalhada dos mesmos, provenientes de bases de dados externas. Essa ligação de informações deverá ser visualizada num mapa interativo onde não haverá a perceção de que os dados se encontram em servidores diferentes. Pretende-se também que este sistema seja um esqueleto que funcione para vários tipos de bases de dados externas desde que uma das mesmas contenha informação georreferenciada para ser possível localizar os objetos representados no mapa.

Este projeto pretende tirar partido da plataforma ArcGIS Online dada a parceria com a ESRI Portugal. O ArcGIS Online permite criar mapas interativos e aplicações *web* com o intuito de explorar dados geográficos. É necessário, em primeiro lugar, compreender as características desta plataforma para possibilitar a utilização da mesma no contexto desta dissertação. Como o ArcGIS Online só permite a representação de informação georreferenciada, uma forma de integrar os dois tipos de informação, geográfica e descritiva, é criando uma aplicação *web* para mapas, também disponível no ArcGIS Online. Esta aplicação *web*, que contém um mapa associado da mesma plataforma, tem a particularidade de poder ser descarregada para o computador para configuração. Assim, já é possível adicionar a informação descritiva aos objetos georreferenciados, alterando o código da aplicação descarregada. É de salientar que, embora a aplicação *web* tenha sido descarregada para o computador, o mapa está disponível no servidor de dados geográficos, o que implica que as alterações aos dados são sempre visíveis no mapa da aplicação descarregada, dada a existência de um código que identifica o mesmo (figura 4.1).

Figura 4.1: Aplicação *web* e mapa gerados pela plataforma ArcGIS Online

Com as alterações da aplicação de base, disponibilizada pelo ArcGIS Online, já é possível visualizar informação descritiva da informação geográfica, armazenada numa base de dados externa. Assim, o passo seguinte será adicionar esta informação descritiva, dos objetos georreferenciados, à aplicação criada através do ArcGIS Online. Como não se pretende a duplicação de informação, os dados descritivos serão obtidos através de um serviço *web* disponível no servidor externo em que se encontram. Para que a inserção desta informação descritiva no mapa ESRI seja bem sucedida é necessário averiguar que atributos identificam de forma unívoca os objetos geográficos representados no sistema, ou seja, que permitirão fazer a ligação entre os dois conjuntos de dados em utilização.

Outro fator a ter em conta é a configuração da informação descritiva dos objetos digitais. O cliente pode querer filtrar a informação descritiva a visualizar, mostrando apenas algumas características dos objetos, e não a sua totalidade. Como tal, é necessário efetuar a configuração dos dados visíveis que descrevem os objetos georreferenciados. O resultado das configurações elaboradas nesta plataforma terá que ser inserido na aplicação *web* anteriormente gerada pelo ArcGIS Online. A filtragem dos dados geográficos não é relevante pois esta é feita no próprio mapa.

Como esta dissertação tenciona ser uma base genérica que possa ser utilizada por vários clientes da ESRI Portugal, a plataforma de configuração irá servir não só para configurar a informação descritiva, como para determinar a que mapa ArcGIS Online será

associada, realizando a conexão entre os dados geográficos e os dados descritivos. Esta configuração deverá ser guardada para posteriormente ser acedida pela aplicação.

Resumindo, para a elaboração do sistema, é preciso realizar os seguintes passos:

1. Saber qual o mapa previamente criado no ArcGIS Online que contém a informação georreferenciada. Todos os mapas contém um código identificador;
2. Saber como aceder ao serviço *web* disponível na base de dados externa que contém a informação descritiva dos objetos digitais;
3. Saber quais os atributos que identificam cada objeto georreferenciado, em ambos os servidores;
4. Filtrar a informação descritiva recebida para visualização de apenas as características pretendidas dos objetos georreferenciados;
5. Guardar as configurações num ficheiro para que estas sejam acedidas posteriormente pela aplicação;
6. Inserção das configurações dos dados descritivos no mapa que contém os dados georreferenciados para geração de uma aplicação *web* final.

Com estes passos é possível obter uma perceção de como será o sistema. Como se pretende uma aplicação genérica, será necessário desenvolver duas plataformas distintas: uma plataforma que permita executar todas as configurações necessárias, descritas anteriormente, para conectar os dados geográficos com os dados descritivos; e uma aplicação integrada que será então o esqueleto que funciona para quaisquer configurações realizadas na plataforma de configuração. É esta aplicação que será apresentada ao utilizador como produto final e onde será visualizada a integração dos dados. Para ligação entre as duas plataformas é necessário existir um ficheiro, gerado como resultado da execução da plataforma de configuração.

De acordo com a figura 4.2, a aplicação integrada, que agrega os dados geográficos com os dados descritivos num único mapa, irá conectar-se com um ficheiro de configuração. Este ficheiro contém as configurações, realizadas pelo cliente da ESRI Portugal, relacionadas com a forma como será efetuada a conexão das informações, bem como a filtragem de informação descritiva a mostrar ao utilizador. A partir destes ajustes, a aplicação integrada já tem todos os elementos necessários para comunicar tanto com o ArcGIS Online, através do identificador do mapa a associar que contém os dados geográficos, como com o servidor de dados descritivos, que irão caracterizar os dados georreferenciados. O ficheiro de configuração é gerado após a utilização da plataforma de configuração, onde são efetuadas todas as configurações necessárias.

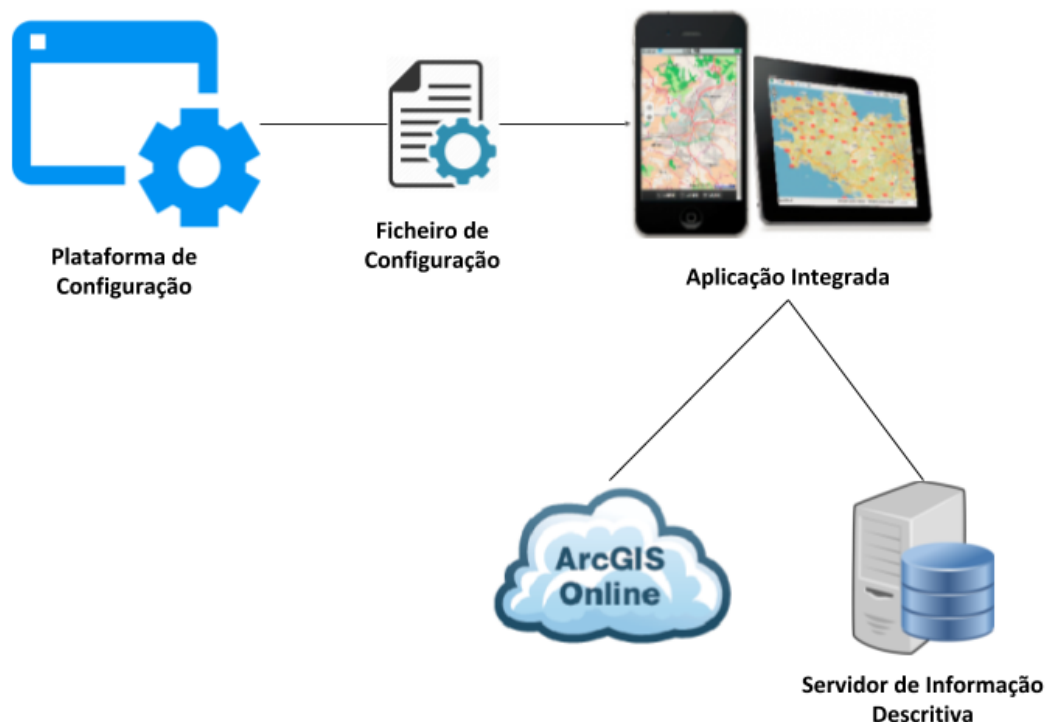


Figura 4.2: Desenho do sistema.

4.1 Tecnologias utilizadas

Esta secção apresenta as tecnologias que foram necessárias para o desenvolvimento das aplicações *web*. Estas tecnologias são referentes tanto à parte *front-end* como *back-end* da solução.

4.1.1 HTML

O HTML¹ (HyperText Markup Language) é uma linguagem utilizada na criação de páginas *web*. Esta linguagem utiliza tags como comandos de formatação.

4.1.2 CSS

O CSS² (Cascading Style Sheets) é uma linguagem utilizada para caracterizar a apresentação de páginas *web*. É com esta linguagem que se consegue estruturar e embelezar uma página criada em HTML. Assim, é possível obter uma divisão entre o conteúdo e o modo como este é apresentado numa página.

¹<https://www.w3schools.com/html/>

²<https://www.w3schools.com/css/>

4.1.3 JavaScript

O JavaScript³ é a linguagem mais conhecida para desenvolvimento *web*. É com esta linguagem de *scripts* orientada a objetos que se consegue obter páginas *web* dinâmicas. Um outro fator de muito relevo é a sua compatibilidade com todos os diferentes navegadores.

4.1.3.1 jQuery

O jQuery⁴ é uma das bibliotecas mais conhecidas do JavaScript. Esta biblioteca *open-source* contém código simples e fácil de utilizar que permite aos *developers* desenvolver um código muito mais otimizado do que o JavaScript puro. Uma das grandes vantagens do jQuery é a possibilidade de utilizar AJAX(Asynchronous Javascript and XML), um método fornecido por navegadores que permite a troca de informação através de pedidos assíncronos que torna as páginas *web* mais interativas. Outro fator importante é a possibilidade de manipular o comportamento do DOM (Document Object Model). O DOM representa os objetos em alguns tipos de documentos, como o HTML e o XML e a sua interação. A extensibilidade do jQuery é outro ponto positivo a ter em conta pois é possível a criação de *plugins* para adicionar a esta biblioteca.

4.1.3.2 Dojo

O Dojo⁵, tal como o jQuery, é uma biblioteca que ajuda a escrever código JavaScript eficiente. Esta biblioteca é utilizada pela ArcGIS API para simplificar o processo de desenvolvimento. As *infowindows* e os controladores de zoom que estão inseridos nos mapas da API são *widgets* do Dojo criados pela própria Esri. Contém funções AJAX.

4.1.4 Bootstrap

O Bootstrap⁶ torna o desenvolvimento *web* mais simples e facilitado. Esta ferramenta *front-end* contém não só uma documentação extensível para elementos HTML, como elementos HTML e componentes CSS personalizados e ainda *plugins* de jQuery.

4.1.5 XML

O XML⁷ (eXtensible Markup Language) é uma linguagem flexível de armazenamento e descrição de informação que, à semelhança do HTML, utiliza *tags* para descrever o conteúdo embora estas no XML não são pré-definidas, o criador utiliza e cria as tags que pretender. Esta linguagem também permite associar atributos aos elementos para os caracterizar e estes também não contêm quaisquer limitações. Um fator importante que

³<https://www.javascript.com/>

⁴<https://jquery.com/>

⁵<http://dojotoolkit.org/>

⁶<http://getbootstrap.com/>

⁷<https://www.w3schools.com/xml/>

esta linguagem visa é a simplicidade da mesma permitindo não só a compreensão a nível computacional como a compreensão humana.

4.1.6 JSON

O JSON⁸ (JavaScript Object Notation) é uma sintaxe de armazenamento e troca de informação em formato de texto. A sua sintaxe, derivada da sintaxe do JavaScript, permite uma fácil leitura e escrita. A informação é escrita através de pares nome/valor separados por vírgulas. Todos os objetos JavaScript podem ser convertidos em JSON e enviados para um servidor, pois estes últimos só recebem informação trocada com navegadores em forma de texto. Mas o contrário também é possível, converter JSON em objetos JavaScript.

4.1.7 PHP

O PHP⁹ (Hypertext Preprocessor) é uma linguagem bastante utilizada do lado do servidor adequada para o desenvolvimento *web*. Esta linguagem de *script* tem como característica poder ser executada em qualquer plataforma. O PHP é muito conhecido também pelo facto de vários servidores suportarem esta tecnologia e pela existência de diversos pacotes AMP (Apache, MySQL, PHP).

4.1.8 ArcGIS

O ArcGIS¹⁰ é um Sistema de Informação Geográfica que oferece ferramentas aos seus clientes para descoberta, análise e partilha de mapas, aplicações e dados georreferenciados. A utilização deste sistema deve-se à parceria com a ESRI Portugal no contexto desta dissertação.

4.1.8.1 ArcGIS Server

O ArcGIS Server¹¹ permite que a informação geográfica de uma determinada instituição esteja acessível a todos os utilizadores da Internet ou apenas para um grupo limitado de pessoas. Esta informação é disponibilizada através de *web services* permitindo a um computador com uma instalação licenciada de ArcGIS Server receber e processar pedidos recebidos por outros dispositivos. Os serviços podem ser consumidos em aplicações, dispositivos ou APIs que consigam comunicar através de pedidos HTTP (Hyper Text Transfer Protocol).

Os serviços disponibilizados pelo ArcGIS Server podem ser organizados por pastas e o seu conjunto é designado por catálogo. Este catálogo é disponibilizado através um url com a seguinte sintaxe: `https://[Nome-do-servidor]/arcgis/rest/services/` (como por exemplo,

⁸<http://www.json.org>

⁹<http://php.net/>

¹⁰<https://www.arcgis.com>

¹¹<http://www.esriportugal.pt/ArcGIS-for-Server>

<https://services.arcgis.com/1dSrZEWVQn5kHHyK/ArcGIS/rest/services/>). Assim, é possível explorar os metadados do ArcGIS Server, permitindo visualizar os serviços que estão disponíveis bem como todos os campos existentes de informação ao selecionar o pretendido (Exemplo: https://services.arcgis.com/1dSrZEWVQn5kHHyK/ArcGIS/rest/services/Cultura_CasasReligiosas/FeatureServer/0).

4.1.8.2 ArcGIS Online

O ArcGIS Online é um WebGIS *online* que permite a criação, gestão e partilha de mapas e aplicações *web* com outros utilizadores. É uma das vertentes do sistema ArcGIS.

4.1.8.3 ArcGIS JavaScript API

A ArcGIS API¹² combina tecnologia *web* com capacidades geoespaciais para criação de mapas interativos. O ArcGIS Online utiliza esta API na criação de aplicações *web*.

4.2 Arquitetura

Com as tecnologias descritas anteriormente foi concebida a arquitetura do sistema para demonstrar de que forma foram utilizadas no contexto desta dissertação. Para além disso, a arquitetura permite delinear as várias camadas existentes no sistema: camada de apresentação, camada lógica e camada de dados. A figura 4.3 mostra que tecnologias foram usadas em cada uma destas camadas, tanto na plataforma de configuração como na aplicação integrada.

¹²<https://developers.arcgis.com/javascript/>

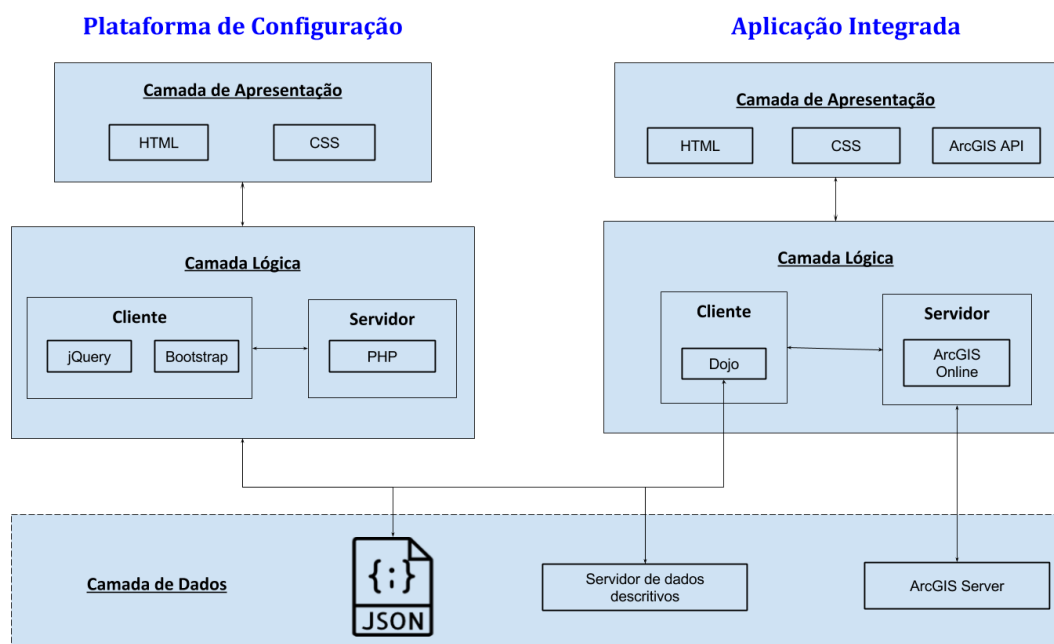


Figura 4.3: Arquitetura do sistema.

Na figura 4.3 a camada de apresentação representa tudo o que é visualizado pelo utilizador e toda interação que este tem com o sistema. A camada lógica processa todos os pedidos do utilizador realizados na camada de apresentação e devolve uma resposta à mesma. Esta camada também é responsável por comunicar com a camada de dados onde se encontra a informação, dependendo dos pedidos que recebe do utilizador. Por fim, a camada de dados contém todos os elementos de armazenamento de informação que são utilizados pelo sistema, permitindo o acesso à mesma.

Plataforma de Configuração

A plataforma de configuração é composta pelas tecnologias HTML e CSS na sua camada de apresentação. O HTML permite mostrar todos o conteúdo que está presente na interface, enquanto que o CSS embeleza e estrutura esse mesmo conteúdo.

A camada lógica contém duas componentes, a componente do cliente e a componente do servidor. O cliente foi desenvolvido em jQuery e Bootstrap. O jQuery é responsável pela manipulação dos elementos da interface, enquanto que o Bootstrap permite a utilização dos seus *plugins* do jQuery utilizados na plataforma. No servidor é utilizada a linguagem PHP para a criação de um ficheiro em formato JSON resultante das configurações efetuadas pelo utilizador.

Esta plataforma contém o servidor de informação descritiva como elemento da camada de dados, dada a necessidade de analisar e conhecer a informação que irá caracterizar os dados georreferenciados. Como resultado final, esta plataforma gera um ficheiro

de configuração. Este também está inserido na camada de dados do sistema pois inclui informação de como configurar a aplicação integrada.

Aplicação Integrada

A aplicação integrada corresponde à aplicação genérica que utiliza a informação gerada pela plataforma de configuração. Esta aplicação, tal como a plataforma de configuração, contém na sua camada de apresentação as tecnologias HTML e CSS pelo mesmo motivo, apresentação dos elementos contidos na interface e embelezamento dos mesmos, respetivamente. Toda a parte referente ao mapa visualizada na aplicação é fornecida pela ESRI através da ArcGIS API.

O utilizador, ao interagir com o mapa para saber informações sobre um ponto georreferenciado, está, no fundo, a fazer uma conexão com a camada lógica do sistema pois está a pedir novos dados, geográficos e descritivos. Estes serão enviados para o mapa, cedido pela ArcGIS API, pela camada lógica e serão apresentados.

A camada lógica desta aplicação também está separada em componente do cliente e componente do servidor. O cliente foi desenvolvido com a tecnologia Dojo. Este trata da interação com o servidor de dados descritivos e com o ficheiro JSON gerado pela aplicação de configuração. O Dojo em conjunto com a ArcGIS API permitem toda a interação entre o utilizador e o mapa da ESRI. Na parte do servidor é utilizado o ArcGIS Online para fazer a ligação com o ArcGIS Server.

Sendo assim, a camada de dados contém: o ArcGIS Server, servidor onde estão armazenados os dados georreferenciados visualizados no mapa; o servidor de dados descritivos onde está localizada a informação que caracterizam os dados georreferenciados; e o ficheiro com as configurações necessárias para a junção das informações anteriores. É de salientar que os servidores, tanto de dados georreferenciados como de dados descritivos, e o ficheiro de configuração não se encontram fisicamente juntos.

4.3 Síntese

As tecnologias apresentadas neste capítulo contêm diferentes funções no desenvolvimento da solução. Algumas tecnologias são importantes para estruturar e dispor a informação, outras para dinamizar a plataforma e permitir a comunicação entre os servidores e outras para lidar com a informação georreferenciada. Foram todas escolhidas por serem livres de custo e também por serem bastante funcionais e populares no ambiente em questão, ajudando assim na implementação da solução.

De seguida foi apresentada a arquitetura concebida como solução para o problema proposto na introdução da dissertação. O elemento chave para a interação das duas plataformas é o ficheiro JSON que guarda os dados de configuração. Este é muito importante para a generalização da solução.

IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os detalhes mais relevantes de toda a implementação envolvente nesta dissertação. Retrata todos os detalhes tanto do sistema genérico como o projeto Muvitur.

5.1 Ficheiro de Configuração

Como visto anteriormente, para a geração da aplicação integrada é necessária a existência de um ficheiro que configure como será realizada a integração de informação georreferenciada com informação descritiva. Este também irá conter a configuração da forma como a informação descritiva será apresentada no mapa da aplicação. O ficheiro de configuração não precisa de especificar que informação georreferenciada será visualizada pois esta especificação é tratada no próprio ArcGIS Online. No entanto, é necessário o identificador do mapa, criado no ArcGIS Online, que contém os objetos geográficos, bem como o nome do atributo (identificador) que identifica de forma única os mesmos objetos para ser possível a junção dos dois tipos de informação sobre o mesmo objeto.

Para a filtragem da informação que caracteriza os objetos georreferenciados, é necessário saber a localização dessa mesma informação. Como se utilizam bases de dados externas, para evitar a duplicação de dados, o ficheiro de configuração terá que conter o endereço do serviço *web* que disponibiliza a informação descritiva. Neste ponto, com o endereço do serviço que devolve a informação descritiva dos objetos digitais, segue-se a gestão dos atributos descritivos a visualizar na plataforma integrada.

No exemplo da figura 5.1 é possível observar um exemplo simples de informação georreferenciada inserida num mapa e a tabela existente de informação descritiva localizada numa base de dados externa. Neste caso, pretende-se filtrar os dados descritivos e inserir na janela apresentada no mapa apenas os atributos referentes à página e ao ano de

fundação do elemento. Assim sendo, no ficheiro de configuração terá que aparecer, como dados a adicionar, os atributos página e ano. Outro dado importante a colocar é a forma como se conecta a informação geográfica com a informação descritiva. No exemplo citado, o atributo identificador dos dados geográficos é o atributo “ID” e o atributo identificador dos dados descritivos é o atributo “Identificador”. O nome dos atributos identificadores também têm que constar no ficheiro de configuração para identificação do mesmo tipo de objeto.

O cliente ESRI também pode querer definir um nome (*label*) para visualização do atributo, diferente do existente na base de dados externa. Este aspeto é mostrado na figura 5.2 onde o nome para visualização do URL é “Website”, em vez do nome do atributo existente na base de dados, “Página”. Devido a este facto, é importante ter no ficheiro de configuração uma secção que trate do nome do atributo a aparecer na janela *pop-up* do mapa. A este nome dá-se o nome de *label*.

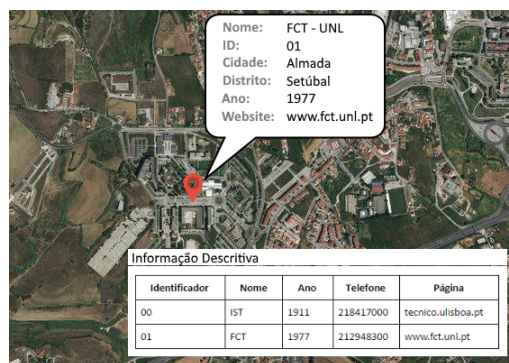


Figura 5.1: Mapa com dados geográficos. Figura 5.2: Mapa com os dois tipos de dados.

Sumariando, neste ponto, o ficheiro de configuração terá que conter obrigatoriamente as seguintes informações:

- O identificador do mapa, criado no ArcGIS Online, onde os dados geográficos estão inseridos;
- O endereço do serviço *web* que disponibiliza a informação descritiva existente na base de dados de um servidor externo;
- Os identificadores, tanto dos dados geográficos como dos dados descritivos, para realizar a conexão das informações sobre o mesmo objeto;
- Quais os atributos a adicionar à janela *pop-up* bem como as suas *labels*.

Nesta dissertação, foram considerados, para configuração da plataforma desenvolvida, os serviços *web* que devolvem a informação descritiva em formato XML, o que aumenta a complexidade do problema, uma vez que a estrutura dos dados devolvidos pode variar bastante. Podem ser devolvidos dados com um formato XML simples, sem atributos e

```

<catalogo>
  <cd>
    <titulo>Giesta</titulo>
    <artista>Miguel Araújo</artista>
    <ano>2017</ano>
  </cd>
  <cd>
    <titulo>Barcelona</titulo>
    <artista>Freddie Mercury</artista>
    <ano>1988</ano>
  </cd>
</catalogo>

```

(a) *Formato XML simples.*

```

<bookstore>
  <book id="002">
    <field name="title">
      <label_name>Book title</label_name>
      <value>Everyday Italian</value>
    </field>
    <field name="author">
      <label_name>Book author</label_name>
      <value>Giada De Laurentiis</value>
    </field>
    <field name="year">
      <label_name>Year</label_name>
      <value>2005</value>
    </field>
    <field name="price">
      <label_name>Price</label_name>
      <value>30.00</value>
    </field>
  </book>
</bookstore>

```

(b) *Formato XML com atributos.*

Figura 5.3: Formatos de XML diferentes considerados na dissertação.

com poucos campos de informação, mas também pode haver dados com um XML mais complexo, com alguns atributos e uma vasta hierarquia de descendentes. Na figura 5.3 apresentam-se dois tipos de formato XML que foram testados no desenvolvimento desta dissertação. Para facilitar a escrita, e respetiva leitura dos dados, o ficheiro de configuração é criado em formato JSON.

Na aplicação integrada, os dados descritivos de um objeto são pedidos sempre que é selecionado o seu objeto geográfico correspondente, no mapa. Ou seja, a informação descritiva não é requerida, na sua totalidade, apenas com um pedido ao serviço *web* que os disponibiliza. Para aceder à informação descritiva de um dado objeto geográfico, é necessário enviar o identificador do mesmo no pedido submetido ao serviço *web*, através de algum parâmetro. Só assim é possível receber apenas a informação do objeto pretendido. Para tal, é necessário guardar o nome do parâmetro, a colocar no endereço *web*, no ficheiro de configuração. Este parâmetro irá então comportar-se como o identificador do objeto descritivo.

Como visto na figura 5.3, a informação descritiva poderá ser devolvida pelo serviço *web* correspondente, em diferentes formatos de XML. Assim, o utilizador da plataforma de configuração, para executar a configuração e gerar uma aplicação específica deve, a priori, recolher alguma informação, com as seguintes precauções:

- Saber quais os *tags* (campos) que se pretendem visualizar na janela de *pop-up*;
- Se as *tags* escolhidas têm que conter algum valor específico num atributo associado. No caso da imagem 5.3(a) basta saber o nome da *tag*, enquanto que na imagem 5.3(b) é necessário saber o valor para o atributo “name”;
- Verificar se a informação a mostrar está inserida na própria *tag* ou num dos seus níveis inferiores. Na imagem 5.3(b) a informação está inserida num nível inferior, na *tag* “value”;

- Verificar se a *label* a associar ao atributo descritivo pretendido está inserido numa *tag*, num nível inferior, ou se será definida pelo utilizador quando este está a realizar a configuração.

No caso da figura 5.1, para passar a conter a informação descritiva, é necessário passar pelos processos acima descritos. Na figura 5.4 é possível observar que o identificador do objeto geográfico será o valor inserido na *label* “ID”. Este será copiado para o servidor *web* que disponibiliza a informação descritiva, especificamente para o parâmetro “identificador”. O serviço devolve a informação do objeto correspondente, em formato XML. Neste caso, para o mapa conter a informação mostrada na figura 5.2, o ficheiro de configuração terá que conter a informação das *tags* “ano” e “pagina”. A *label* “website” foi definida pelo utilizador durante o processo de configuração.

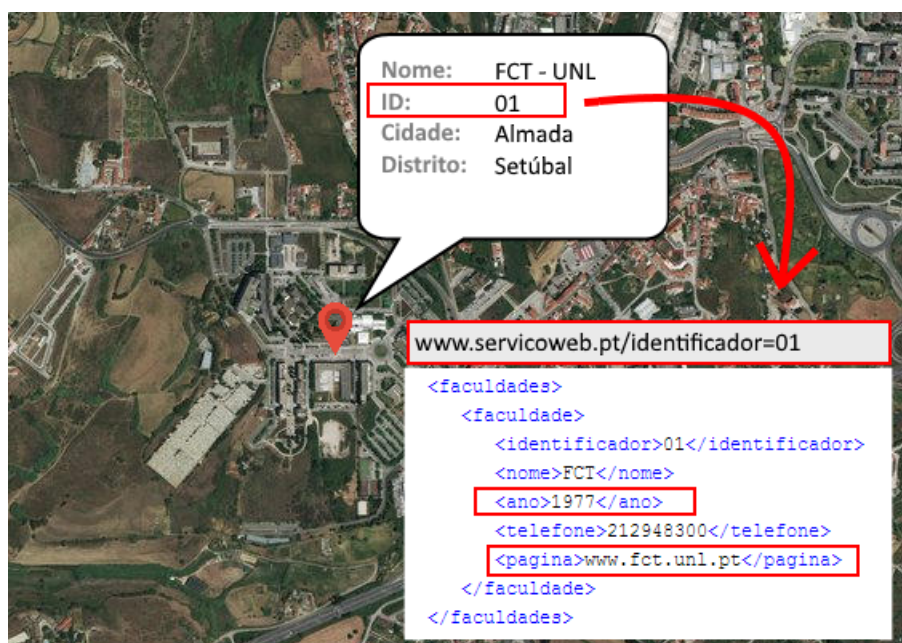


Figura 5.4: Processo de conexão da informação geográfica com a informação descritiva.

Formato do Ficheiro de Configuração

Para conseguir-se ter em conta todos os fatores anteriormente descritos, o ficheiro JSON, resultante da configuração efetuada na plataforma de configuração, contém os seguintes campos:

id_arcgis

Campo que contém o identificador do objeto geográfico cuja informação descritiva se pretende associar;

url_arcgis

Campo que contém o código identificador do mapa criado no ArcGIS Online com a informação georreferenciada.

id_info_param

Campo que contém o parâmetro do endereço *web* do servidor que publica a informação descritiva. Este campo irá consumir o identificador da informação georreferenciada para relacionar dados sobre o mesmo objeto;

url_info

Campo que contém o endereço *web* do servidor que publica a informação descritiva;

info

Campo que contém todos os elementos da informação descritiva a apresentar na janela de *pop-up* da plataforma integrada. Como pode haver mais do que um elemento a ser visualizado, referente à informação descritiva, este campo é composto por um *array* de objetos. São compostos pelos seguintes campos:

tag_name

Campo que contém o nome da *tag* da informação descritiva

attrName

Caso seja necessário especificar um atributo de uma *tag* é neste campo que se insere no nome do atributo a especificar. Caso contrário este campo terá uma *string* vazia;

attrValue

Caso seja necessário especificar um atributo de uma *tag* é neste campo que se insere no valor do atributo que foi especificado no campo anterior. Caso contrário este campo terá uma *string* vazia;

label

Campo que contém o nome da *label* a apresentar ou o nome da *tag* onde se encontra o nome da *label*;

value_inLabel

Campo que verifica se o que inclui o campo “label” anterior é o nome a inserir na plataforma integrada como *label* ou se é apenas uma *tag* do XML onde é necessário ir retirar o nome da *label* correspondente.

value

Este campo é mais uma vez um *array*, pois a informação pode não estar no próprio campo “tag_name”, mas sim num nível inferior. Este caso é demonstrado na figura 5.5 onde o utilizador que está a elaborar a configuração apenas pretende a informação descritiva relacionada com a página de mestrado do departamento de informática. Assim, teria que conter os níveis inferiores da

hierarquia “páginas” e “pag_mestrado”. Estes níveis também podem conter atributos que o cliente quer especificar. Posto isto, este campo terá objetos com os seguintes campos de informação:

tag

Nome da *tag* inferior;

attrName

Nome do atributo a associar um valor, caso necessário;

attrValue

Valor a associar ao atributo acima escolhido, caso necessário.

```
<ano>1977</ano>
<telefone>212948300</telefone>
<paginas departamento="Informatica">
  <pag_principal>
    <id_page>P01</id_page>
    <url>www.di.fct.unl.pt</url>
  </pag_principal>
  <pag_lic>
    <id_page>P02</id_page>
    <url>www.di.fct.unl.pt/ensino/licenciatura-em-ciencia-e-engenharia-informatica</url>
  </pag_lic>
  <pag_mestrado>
    <id_page>P03</id_page>
    <url>www.di.fct.unl.pt/ensino/2-ciclo-do-miei</url>
  </pag_mestrado>
</paginas>
</faculdade>
```

Figura 5.5: Exemplo de XML onde é necessário percorrer níveis inferiores na *tag* “páginas” para conseguir encontrar o endereço da página de mestrado do departamento em questão.

Na figura 5.6 é possível observar todos os campos do ficheiro de configuração, detalhados anteriormente, relacionados com o projeto LxConventos. Este projeto foi utilizado para testar a plataforma de configuração, minimizando as suas falhas. Os dados de conexão existentes neste ficheiro de configuração são:

- O identificador do mapa existente no ArcGIS Online, inserido no campo “url_arcgis” (“9ec8f34b1f374e26adf68ec71b6bbd31”);
- O identificador dos dados geográficos, inseridos no mapa do ponto anterior (campo “COD_SIG”);
- O endereço do serviço *web* que disponibiliza a informação descritiva pertencente ao Património Cultural de Lisboa;
- O parâmetro do serviço *web*, considerado identificador da informação descritiva, que irá receber o valor identificador do objeto georreferenciado (o parâmetro “NumImovel”);

A informação a visualizar, inserida no campo “info”, será apenas um conjunto de dois campos:

- O campo “ta_Imovel” que contém o nome “Tipo de Imóvel” como *label*. O informação a apresentar encontra-se no próprio campo;
- o campo “Localizacao” que terá como *label* na aplicação integrada o nome do próprio campo mas a informação a visualizar está contida num nível inferior da sua hierarquia, na *tag* “Morada”.

No caso considerado, todos os campos de informação não têm qualquer atributo associado.

```

1 {
2   "url_arcgis": "9ec8f34b1f374e26adf68ec71b6bbd31",
3   "id_arcgis": "COD_SIG",
4   "id_info_param": "NumImovel",
5   "url_info": "http://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt/wsinfo/ima-
6   ema=&ta_LocalAdministrativo=&ta_EntidadeInformacao=&slang=&slang=pt",
7   "info": [{
8     "tag_name": "ta_Imovel",
9     "attrName": "",
10    "attrValue": "",
11    "value_inLabel": "false",
12    "label": "Tipo de Imóvel",
13    "value": [{
14      "tag": "ta_Imovel",
15      "attrName": "",
16      "attrValue": ""
17    }]
18  }, {
19    "tag_name": "Localizacao",
20    "attrName": "",
21    "attrValue": "",
22    "value_inLabel": "false",
23    "label": "Localizacao",
24    "value": [{
25      "tag": "Morada",
26      "attrName": "",
27      "attrValue": ""
28    }]
29  }]
30 }

```

Figura 5.6: Exemplo do ficheiro de configuração JSON gerado pela plataforma de configuração

5.2 Plataforma de configuração

Para a existência do ficheiro de configuração, é necessário configurar toda a informação que se quer associar a um mapa existente na plataforma ArcGIS Online. Esta configuração é efetuada através da plataforma de configuração.

A figura 5.7 mostra como é a interface inicial da plataforma de configuração. Esta plataforma permite receber um url de um serviço *web* que devolva informação em formato XML. Esta informação é processada pela ferramenta e será visualizada toda a informação do XML em formato de *checkbox* para que o utilizador possa escolher quais as *tags* do XML que pretende inserir como informação adicional nas janelas de *pop-up* do mapa. É de notar que sempre que se recebe um endereço, o programa irá fazer um pedido AJAX ao servidor e este terá que permitir que consigamos ter acesso à informação, caso contrário será impossível aceder ao XML desejado. Nesse caso é mostrado um alerta de erro na

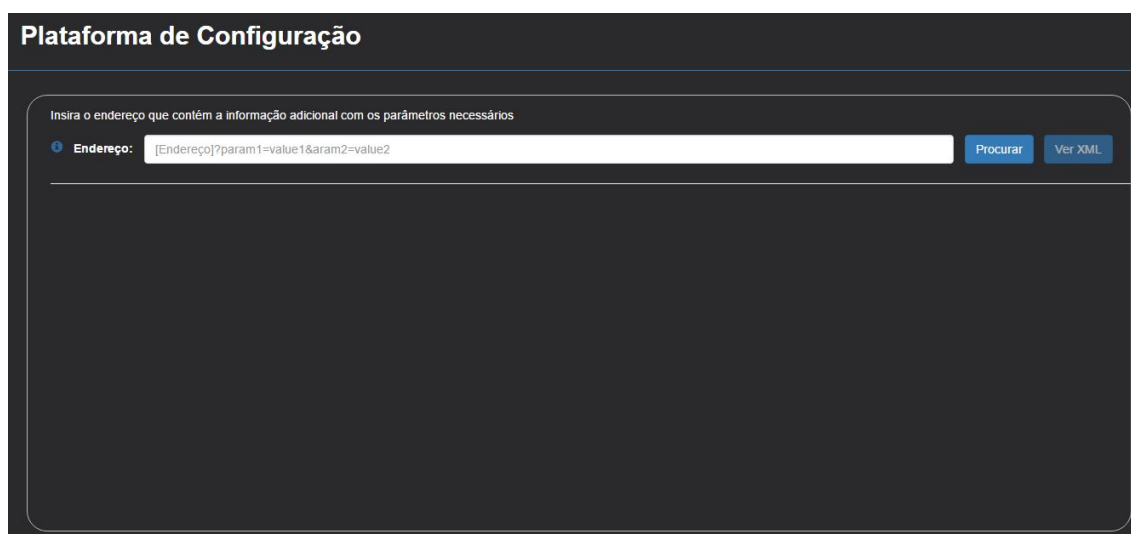


Figura 5.7: Interface inicial da plataforma de configuração

conexão. Caso o pedido seja bem sucedido toda a informação recebida será processada e guardada de forma a não haver mais do que um pedido ao servidor para minimizar as ligações e tempo de espera.

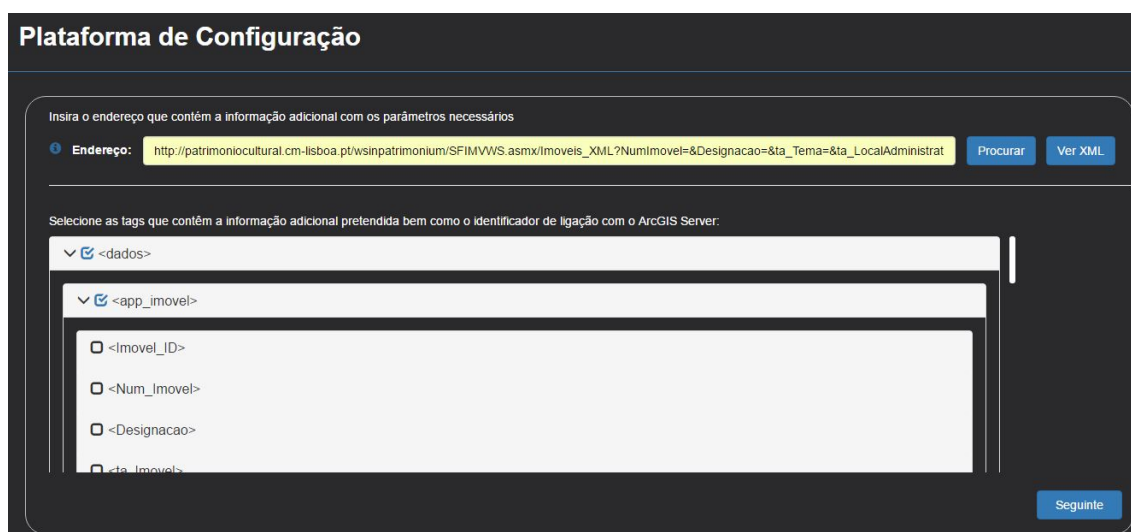


Figura 5.8: Interface da plataforma de configuração após pedido a serviço *web*

Na figura 5.8 é possível visualizar como fica a interface da plataforma sempre que é realizado um pedido a um serviço *web*. Este processo foi sempre realizado e testado através de um serviço *web* público fornecido pela Câmara de Lisboa.

Caso se pretenda seleccionar um campo que está num nível inferior da estrutura hierárquica de dados, devolvida pelo servidor contactado, será necessário seleccionar os vários campos que permitem percorrer o caminho descendente até chegar ao mesmo campo.

The screenshot displays a configuration interface for a field named 'campo'. It is divided into two main sections, each with a header bar. The top section has a header with 'campo' and a green '+' button. Below it, there are three rows of configuration options: 'Associar um atributo:' with a dropdown menu showing 'name' and 'Descricao'; 'Label a associar:' with three radio button options: 'Uma tag filha', 'Valor de uma tag filha', and 'Outra'; and 'Tag com a informação:' with a dropdown menu showing 'campo'. To the right of these options, there is a text label 'Hierarquia percorrida: <campo> Informação </campo>'. The bottom section has a header with 'campo' and a red 'x' button. It also has three rows of configuration options: 'Associar um atributo:' with a dropdown menu showing 'name' and 'Características'; 'Label a associar:' with three radio button options: 'Uma tag filha', 'Valor de uma tag filha', and 'Outra'; and 'Tag com a informação:' with a dropdown menu showing 'campo'.

Figura 5.9: Exemplo de configuração de um dos campos selecionados na plataforma de configuração

No passo seguinte será efetuada toda a configuração dos campos selecionados anteriormente. Uma nota importante é a possibilidade de adição, mais do que uma vez, o mesmo campo através de um botão do lado direito de cada secção referente a um campo. Este é importante caso seja necessário adicionar, para visualização, vários atributos associados ao mesmo campo na estrutura XML, tal como visualizado na imagem 5.9. Nesta imagem também é possível observar o que se pode configurar em cada campo. Para além de permitir caracterizar o campo que se pretende através dos seus atributos, caso este os tenha, também é possível definir o nome da *label* a associar ao campo, para visualização na aplicação integrada. Esta parte tem um comportamento diferente caso a *tag* selecionada tenha descendentes ou não. Para o caso do campo não ter descendentes, então só existem duas hipóteses de escolha da *label*: ou o nome da própria *tag*, selecionada por omissão para minimização de erros, ou outro nome que o cliente queira colocar. Caso o campo selecionado tenha descendentes, como na imagem 5.9, então a escolha da *label* pode ser de entre três alternativas: o nome de um campo existente num nível inferior da estrutura hierárquica, o valor inserido num campo também num nível inferior, ou outro nome que o cliente deseje.

A escolha da informação a visualizar também tem um valor por omissão, o valor da própria *tag*. Caso esta tenha descendentes, estes podem ser selecionados. Esta descendência não termina no primeiro nível da hierarquia dos seu filhos, pode continuar pelos níveis inferiores, através de um botão que permite fazer essa adição. Ainda se pode acrescentar a especificação de atributos caso estes existam e se pretenda. Sempre que se desce mais um nível na hierarquia, para minimizar erros nas escolhas, deixa de ser possível alterar os níveis superiores. Para facilitar a interação quando é necessário percorrer vários níveis da hierarquia na atribuição da *tag* com informação, é possível observar, no lado direito da página, o percurso já efetuado. A figura 5.10 contém um bom exemplo para clarificar esta parte da configuração. A tag “campo” contém, como descendentes, “label” e “valores” mas a informação que se pretende visualizar na plataforma integrada está inserida na tag “valor”, descendente da tag “valores”. Assim, foi necessária a descida de dois níveis

Figura 5.10: Exemplo de percorrer uma hierarquia para atribuição de informação

na hierarquia, considerando, como nível zero, o da própria *tag* “campo”. Nesta imagem, também é possível visualizar que a *tag* “campo” inclui um campo descendente específico que contém o valor a aparecer na *label* da plataforma integrada, o campo “label”.

Antes de avançar para a página seguinte, todos os elementos têm que estar devidamente preenchidos. Caso não estejam, os elementos em falta aparecerão com um rebordo a vermelho. Os restantes estarão com um rebordo a verde.

O passo seguinte será a configuração das conexões. É nesta fase que se trata da escolha do parâmetro a adicionar ao endereço *web* que foi inserido inicialmente como identificador do servidor que publica a informação descritiva. Este parâmetro irá conter o identificador que liga os dois conjuntos de informação, permitindo a visualização da informação descritiva de um objeto geográfico selecionado no mapa do ArcGIS Online. Para ajudar nesta fase, o endereço *web* será apresentado como apoio na escolha do parâmetro. Todos os parâmetros que podem ser escolhidos estão numa *dropdown* e esta irá conter um deles por omissão para minimização de falhas. Nesta fase, é necessário que o utilizador saiba qual o campo da informação georreferenciada que fará a ligação com a informação descritiva. Para isso é necessário a colocação do endereço ArcGIS Online que contém o mapa com a informação georreferenciada pretendida ou apenas o identificador do mesmo que se encontra também no endereço. Após a adição do endereço ou do identificador do mapa, o programa irá aceder aos campos existentes na informação georreferenciada encontrada do *web map*. Esses campos também serão colocados numa *dropdown* e esta irá conter um dos campos também por omissão. O utilizador irá então escolher qual o campo do *web map* que irá ser ligado com o já selecionado anteriormente, e que identifica os objetos apresentados no mapa. Assim, já temos toda a informação necessária para a criação do ficheiro de configuração que permitirá a criação da aplicação integrada de visualização dos dados. Ao selecionar o botão de submeter o cliente terá um *feedback* com o resultado da operação, se foi bem sucedido ou se falhou.

Na figura 5.11 é possível visualizar a interface final correspondente ao processo de

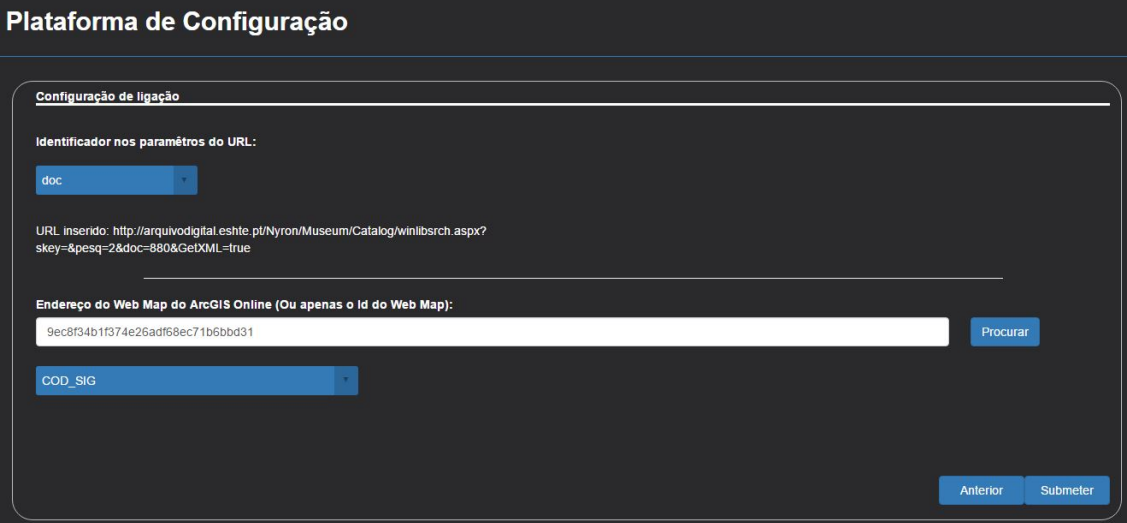


Figura 5.11: Ultimo passo da plataforma de configuração

configuração das conexões.

Após esta configuração, a ferramenta irá criar o ficheiro de configuração, já descrito na secção 5.1, que será processado pela aplicação integrada e que irá juntar toda a informação a incluir na janela de *pop-up* de cada elemento georreferenciado. O ficheiro é gerado através de PHP e este é chamado com um pedido AJAX no jQuery.

Seguidamente descreve-se a criação da aplicação integrada, baseado nos dados contidos no ficheiro de configuração.

5.3 Aplicação Integrada

A plataforma integrada representa a aplicação resultante da configuração efetuada na plataforma de configuração com a junção dos dois tipos de informação. Esta aplicação tem como base uma aplicação *web* gerada pelo próprio ArcGIS Online.

Ao iniciar, a aplicação consome o ficheiro de configuração e processa toda a informação que encontra, armazenando a mesma dentro do jQuery para haver apenas uma única leitura do ficheiro. Em primeiro lugar a plataforma procura o identificador do *web map* a apresentar no ficheiro JSON e coloca o mapa correspondente na camada de visualização.

Sempre que o utilizador seleciona um ponto georreferenciado no mapa, é realizada uma manipulação da janela de *pop-up* apresentada para inserir a informação adicional descritiva. Esta manipulação é efetuada da seguinte maneira:

1. Procurar no código relativo à janela de *pop-up* o campo que foi inserido como identificador da informação geográfica e guardar o seu valor;
2. Colocar o valor do campo acima descrito no parâmetro do endereço *web* que contém a informação descritiva. Tanto o nome do parâmetro como o endereço *web*

guardados foram fornecidos pelo ficheiro de configuração;

3. Realizar pedido AJAX ao servidor que disponibiliza a informação descritiva com o endereço *web*. Este endereço contém o parâmetro e valor descritos no ponto anterior;
4. Receber os dados do endereço *web* e filtrá-los. Esta filtragem é efetuada consoante a informação vinda do ficheiro de configuração, como a escolha dos campos a visualizar, quais as *labels* a associar e onde se encontra os valores da informação descritiva;
5. Adicionar os dados descritivos configurados à janela de *pop-up* que contém a informação georreferenciada.

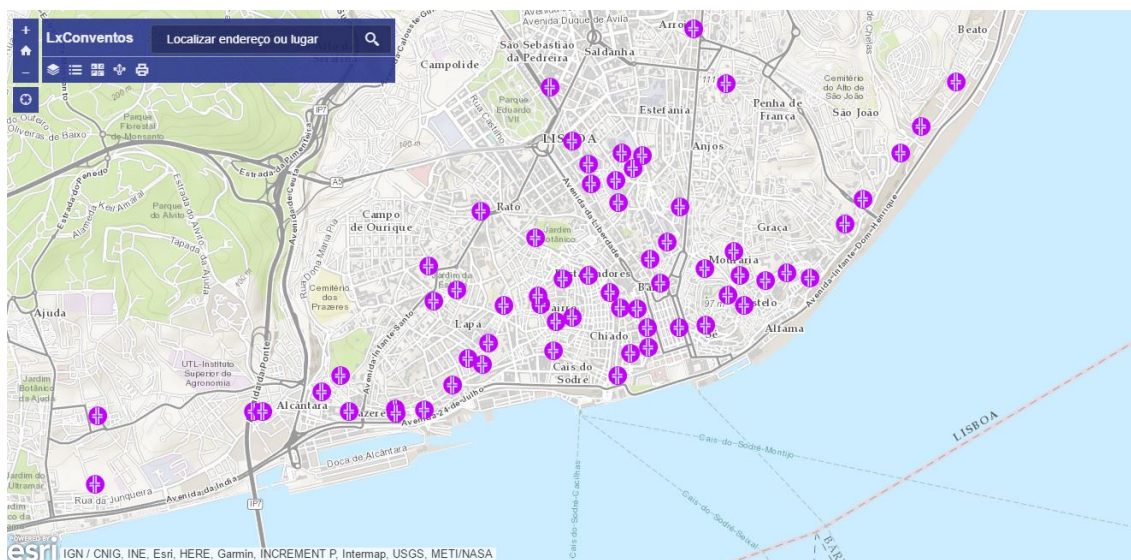


Figura 5.12: Interface inicial da plataforma integrada

Na figura 5.12 é possível visualizar a interface da plataforma integrada que o utilizador terá acesso. Neste caso foi utilizado um mapa do ArcGIS Online com dados georreferenciados referentes ao projeto LxConventos. No ArcGIS Online é possível alterar os símbolos que são apresentados no mapa bem como o título que aparece no início do mapa. A plataforma de base contém as funcionalidades de zoom, localização do utilizador, alteração do tipo de mapa base, entre outras. Nesta fase, a plataforma já consumiu o ficheiro de configuração e está pronta para alterar as janelas de *pop-up* que forem visualizados.

A partir da figura 5.13 é possível verificar os dois tipos de informação, embora não se consiga perceber que a informação vêm de dois servidores diferentes, como é suposto na solução do problema. A informação adicional descritiva neste caso é composta pelos campos “User”, “Descrição” e “Características técnicas”.

Um fator que se teve em conta foi o facto da janela de *pop-up* utilizada no mapa ser sempre a mesma e esta ser alterada sempre que é solicitado um ponto georreferenciado.

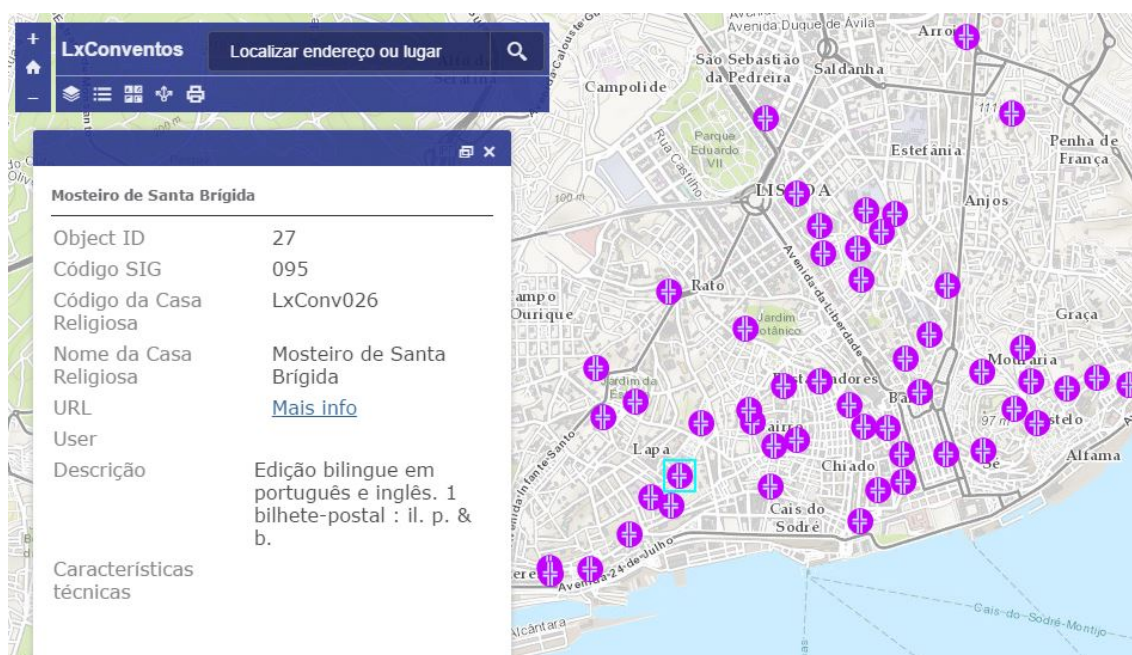


Figura 5.13: Visualização dos dois tipos de informação

A manipulação da janela de *pop-up* é feita diretamente pelo ArcGIS Online sem a possibilidade de obter essa manipulação através do jQuery. Sendo assim, a única solução foi adicionar um evento, ao código referente à janela de *pop-up*, que é despertado sempre que a estrutura da janela de *pop-up* é alterada. Assim já se consegue saber quando a janela de *pop-up* é alterada, possibilitando a procura pela informação geográfica, através do jQuery, e posteriormente adicionando a informação descritiva à mesma. Durante o processo de adição da informação descritiva à janela de *pop-up*, foi necessário remover temporariamente o evento, pois ao adicionar a informação nova, o evento estaria sempre a ser chamado, o que originaria um ciclo infinito no programa. Assim, o evento é desativado temporariamente enquanto é adicionada a informação descritiva e, após esse processo, é ativado novamente.

5.4 Muvitur

A ESHTe pretendia uma aplicação de análise de elementos relacionados com o turismo em Portugal bem como em toda a parte do Mundo através da interligação da informação turística existente na sua base de dados à informação geográfica dos seus conteúdos. A informação turística encontra-se num arquivo digital da instituição destinado ao Muvitur que pode ser acedido publicamente através do seguinte endereço: <http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog>. Este site apenas contém a informação turística dos registos.

Para a elaboração da plataforma que integre os dois modos de informação foi criado

um serviço *web* que devolve a informação de cada registo encontrado no arquivo digital em formato XML. Este serviço tem permissões públicas para a elaboração de testes antes da plataforma integrada ficar pública. O XML devolvido na sequência de um pedido ao serviço *web* contém elementos que não são relevantes para o utilizador visualizar. Sendo assim tem que ser feita uma filtragem da informação.

```

▼<docs>
  ▼<doc bib="880" idtipo="16" tipo="Peças">
    ▼<campo name="IdColecaoMuseu" ord="4">
      <label>COLEÇÃO</label>
      ▼<valores continuacao="1">
        <valor>Folhetos | Leaflets</valor>
      </valores>
    </campo>
    ▼<campo name="NumInventario" ord="5">
      <label>NUM. INVENTÁRIO</label>
      ▼<valores continuacao="1">
        <valor>ESHT.832.FO.303-15</valor>
      </valores>
    </campo>
    ▼<campo name="Titulo" ord="6">
      <label>DENOMINAÇÃO</label>
      ▼<valores continuacao="1">
        <valor>Casino Estoril : The floor shor</valor>
      </valores>
    </campo>
  </doc>
</docs>

```

Figura 5.14: Parte do XML recebido do endereço *web* do arquivo digital

No caso da informação proveniente do arquivo digital só interessam os elementos que contêm a *tag* “campo”. Esta *tag* contém a informação turística, apenas alterando o valor de um atributo conforme as características que pretende apresentar. Na figura 5.14 conseguimos visualizar o elemento “campo” diversas vezes mas com informação diferente consoante o valor inserido no atributo “name”. É com esta parte do XML que vai ser efetuada a configuração na plataforma de configuração.

Id	CodBib	Latitude	Longitude	GRefLocGeo1	GRefLocGeo2	GRefLocGeo3	GRefLocGeo4	GRefLocGeo5	GRefLocGeo6	Designacao
245	2043	45.3396266	14.2952159	Abbazia		Opatija Croácia	Abbazia / Opatija	7		Croatian Museum of Tourism
246	2044	45.3396266	14.2952159	Abbazia		Opatija Croácia	Abbazia / Opatija	7		Croatian Museum of Tourism
254	2059	45.3396266	14.2952159	Abbazia		Opatija Croácia	Greetings from Opatija	7		Croatian Museum of Tourism
255	2060	45.3396266	14.2952159	Abbazia		Opatija Croácia	Opatija, Bazar Mandria	7		Croatian Museum of Tourism
304	2532	38.711237	-9.127931	Alfama		Lisboa Portugal	Alfama A Velha Lisboa	3		Cinemateca Portuguesa -

Figura 5.15: Ficheiro CSV com a informação georreferenciada do Muvitur

Nesta fase como já se tem a informação turística falta a informação georreferenciada. Como temporariamente a ESHTe não contém um ArcGIS Server disponível, criou-se um ficheiro CSV com a informação geográfica. Neste contexto, o ficheiro CSV é mais limitativo do que a utilização do ArcGIS Server, pois este não é atualizado automaticamente sempre que há alterações nos dados geográficos, nem permite a pesquisa por algum dos seus atributos no ArcGIS Online. Embora contenha aspetos negativos, a sua utilização não prejudica o desenvolvimento da dissertação. Este ficheiro CSV, visualizado na figura

5.15, contém vários campos de informação. Neste projeto o campo de conexão da informação georreferenciada é o campo “CodBib” e o parâmetro que corresponde ao mesmo no endereço *web* do servidor da informação descritiva a associar a cada objeto geográfico é o parâmetro “doc”.

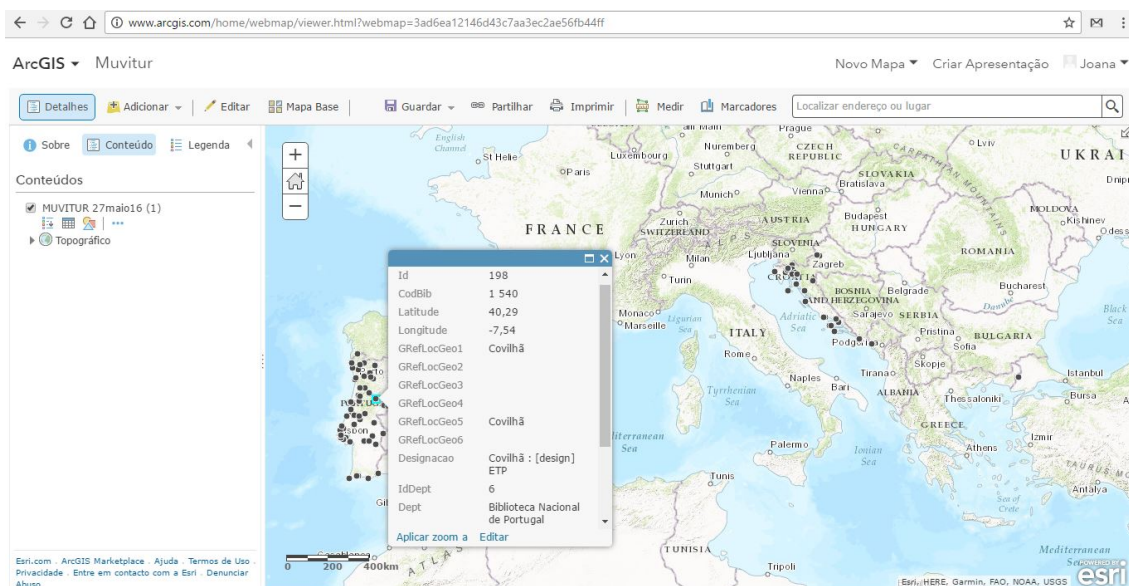


Figura 5.16: Web map do Muvitur

Em primeiro lugar, foi criado um *web map* no ArcGIS Online com o ficheiro CSV fornecido pela ESHTE. Os símbolos que representam os pontos georreferenciados podem ser modificados na própria plataforma. Após a criação do mapa é necessário este ficar público para que qualquer utilizador possa aceder ao mesmo na plataforma integrada. O resultado final do mapa elaborado no ArcGIS Online encontra-se na figura 5.16. Pode-se verificar que o endereço para visualizar este *web map* contém um identificador que vai ser utilizado na plataforma de configuração para efetuar a junção das informações. Como já se tem a informação toda disponibilizada publicamente, pode-se então realizar a configuração da informação. O endereço *web* pedido na interface inicial da plataforma de configuração tem que conter os parâmetros de entrada para o programa saber como colocar o endereço na pesquisa de um registo. No caso do arquivo digital foi colocado o seguinte endereço: <http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog/winlibsrch.aspx?skey=&pesq=2&doc=880&GetXML=true>. A seguir são selecionadas as *tags* a apresentar na janela de *pop-up* visualizada no *web map*. Neste projeto, a *tag* a selecionar é apenas a *tag* “campo”. Na fase seguinte é necessário adicionar mais do que uma vez esta “tag” para alterar o valor do atributo “name”. Em todos os elementos “campo” é efetuado da mesma forma a escolha da *label* e da *tag* com a informação. A *label* está inserida num descendente da *tag* “campo”, a *tag* “label”. A informação está inserida no descendente “valor”, descendente do descendente “valor”. Os campos adicionados para

inserir como informação turística foram o campo com o nome “altura” e o campo com nome “descricao”. Na interface seguinte é colocado o parâmetro “doc” na *dropdown* como

```

1  {
2    "url_arcgis": "3ad6ea12146d43c7aa3ec2ae56fb44ff",
3    "id_arcgis": "CodBib",
4    "id_info_param": "doc",
5    "url_info": "http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog/winlibsrch.aspx?skey=&pesq=2&doc=880&GetXML=true",
6    "info": [{
7      "tag_name": "campo",
8      "attrName": "name",
9      "attrValue": "Altura",
10     "label": "label",
11     "value_inLabel": "true",
12     "value": [{
13       "tag": "valores",
14       "attrName": "",
15       "attrValue": ""
16     }], {
17       "tag": "valor",
18       "attrName": "",
19       "attrValue": ""
20     }
21   }, {
22     "tag_name": "campo",
23     "attrName": "name",
24     "attrValue": "Descricao",
25     "label": "label",
26     "value_inLabel": "true",
27     "value": [{
28       "tag": "valores",
29       "attrName": "",
30       "attrValue": ""
31     }], {
32       "tag": "valor",
33       "attrName": "",
34       "attrValue": ""
35     }
36   }
37 }

```

Figura 5.17: Ficheiro de Configuração do Muvitur

elemento a alterar para a pesquisa da informação turística. Na caixa de texto é colocado o identificador do *web map* do ArcGIS Online. Aparecerão todos os campos existentes e neste caso será selecionado o campo “CodBib”. O ficheiro JSON com toda a informação de configuração é gerado como mostrado na figura 5.17.

Ao aceder à aplicação integrada já é possível ver o mapa criado no ArcGIS Online. Ao seleccionar um ponto georreferenciado também é possível ver a junção dos dois elementos pois a plataforma já leu o ficheiro de configuração da plataforma.

O projeto Muvitur foi apresentado oficialmente e tornado público. A plataforma integrada está incluída neste projeto e pode ser acedida através do seguinte endereço: <http://di93.di.fct.unl.pt/muvitur/> incluído no site oficial do Muvitur.

5.5 Síntese

Inicialmente, o capítulo descreve como é apresentado o ficheiro de configuração. Este ficheiro de metadados é utilizado para a criação da plataforma integrada o mais genérica possível sem esta estar dependente da informação proveniente de uma instituição específica. Este contém informação sobre o serviço *web* que devolve a informação descritiva e sobre os dados descritivos a apresentar mas também sobre a informação georreferenciada e qual o *web map* a utilizar.

Com a descrição detalhada de como é guardada a metainformação, torna-se mais perceptível o processo de implementação da plataforma de configuração.

A aplicação de configuração desenvolvida permite ao cliente configurar e manipular os dados descritivos que quer associar ao seu *web map*, existente no ArcGIS Online. Foi importante testar a implementação com endereços *web* que devolvem informação em formato XML mais complexos e em formato XML mais simples. A interface da plataforma foi desenhada de forma a se tornar simples para quem usufrui de dados descritivos com formatos XML simples, tentando configurar o menos possível, não esquecendo quem contém dados em ficheiros XML mais complexos.

A plataforma integrada utiliza uma das aplicações *web* existentes no ArcGIS Online. Esta consome o ficheiro JSON gerado pela plataforma de configuração e permite a visualização dos dois formatos de informação em conjunto.

AVALIAÇÃO

Neste capítulo é descrito todo o processo de avaliação da solução, bem como os resultados gerados pelo mesmo. Por fim são retratadas todas as conclusões que se podem obter através dos resultados da avaliação do projeto. Houve uma avaliação inicial por parte dos colaboradores do projeto Muvitur. Após o desenvolvimento da solução, criaram-se dois processos de avaliação:

- Por utilizadores que não trabalhavam diretamente com os dados do Muvitur. Dado que estes utilizadores eram, na sua grande maioria, estudantes de Engenharia Informática, estes testaram a plataforma de configuração e depois verificaram os seus resultados no Muvitur (aplicação integrada);
- Avaliação pelos colaboradores do Muvitur. Testaram apenas a aplicação integrada.

6.1 Avaliação inicial do Muvitur

No decorrer do desenvolvimento do projeto Muvitur, a aplicação integrada foi mostrada aos responsáveis do mesmo, realizando assim uma pré-avaliação sobre a observação do mapa interativo com as informações relevantes. Foi verificado o estado atual da aplicação integrada e foram feitas algumas alterações até se concluir que a aplicação estava pronta para ser disponibilizada publicamente no site do projeto. Este passo foi bastante importante pois, assim, foi possível tornar pública a aplicação e esta foi mostrada na apresentação oficial do projeto. É de notar que os participantes do projeto utilizam um *web browser* diferente ao utilizado para o desenvolvimento da solução. Os pontos que foram discutidos na avaliação foram pontos dependentes do próprio projeto e implementados apenas para a plataforma do Muvitur, como a colocação do logótipo no mapa e botão de retroceder para a página inicial do site do projeto.

6.2 Avaliação e Resultados

Para a avaliação do projeto desenvolvido foram criados testes de usabilidade com o objetivo de receber o maior número possível de *feedbacks* para futuras melhorias da solução e obter resultados qualitativos e quantitativos da mesma. Como o projeto contém duas componentes, a plataforma de configuração e a aplicação integrada, foram realizados testes de usabilidade diferentes, para os utilizadores que não pertencem ao projeto Muvitur. Os colaboradores do Muvitur apenas testaram a aplicação Muvitur (aplicação integrada) sem um plano de tarefas específico. Esta separação de testes teve de ser efetuada pois nem todos os colaboradores do projeto Muvitur têm noções avançadas de informática suficientes para compreender a complexidade da plataforma de configuração. Posto isto, a audiência externa ao projeto Muvitur, com alguma experiência informática, realizou testes de usabilidade ao sistema na sua totalidade.

Durante a avaliação foi pedido aos utilizadores, externos ao Muvitur, que realizassem várias tarefas no sistema desenvolvido. Em seguida foi pedido aos mesmos utilizadores que preenchessem um questionário para obter o *feedback* dos mesmos e comparar resultados. O mesmo processo foi realizado pela audiência do projeto Muvitur, mas apenas para a aplicação integrada, sem um conjunto de tarefas específico.

Os questionários elaborados e preenchidos pelas duas audiências foram divididos em duas partes: a primeira parte está relacionada com o System Usability Scale (SUS)[42], enquanto que a segunda parte é constituída por perguntas mais técnicas relacionadas com o projeto.

6.2.1 SUS - System Usability Scale

Em 1996, John Brooke[43] desenvolveu o System Usability Scale (SUS). O SUS é uma ferramenta muito utilizada de baixo custo e fiável que pretende medir a usabilidade das aplicações. O sistema permite avaliar uma vasta variedade de produtos e serviços, como *hardware*, *software*, *websites* e aplicações, e fornece resultados de confiança. Consegue diferenciar, com eficácia, sistemas utilizáveis de sistemas não utilizáveis devido à sua validade, tornando-se uma norma da indústria. Outro fator positivo a ter em conta no uso do SUS é o facto de este ser um questionário relativamente pequeno, não entediando os utilizadores e assim aumenta a receptividade por parte dos mesmos para responderem às suas questões. Este sistema é constituído por 10 afirmações em que o utilizador escolhe em cada uma das frases um valor numa escala de 5 valores. O valor mais baixo é equivalente a discordar totalmente e o valor mais alto é equivalente a concordar totalmente. As afirmações que fazem parte do SUS são as seguintes:

1. I think that I would like to use this system frequently. (Eu penso que gostaria de usar este sistema com frequência);

2. I found the system unnecessarily complex. (Eu achei o sistema desnecessariamente complexo);
3. I thought the system was easy to use. (Eu achei o sistema fácil de usar);
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system. (Eu penso que precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema);
5. I found the various functions in this system were well integrated. (Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas);
6. I thought there was too much inconsistency in this system. (Eu acho que havia demasiada inconsistência no sistema);
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly. (Eu acredito que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente);
8. I found the system very cumbersome to use. (Eu achei o sistema muito desconfortável de se usar);
9. I felt very confident using the system. (Eu senti-me muito confiante ao usar o sistema);
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system. (Eu precisei de aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema).

O SUS tem o seu próprio sistema de pontuação relacionado com os valores atribuídos nas afirmações que dispõe. A interpretação deste sistema pode ser um pouco complexa. A pontuação do SUS é obtida através dos seguintes factos:

- Em primeiro lugar é necessário atribuir, nas afirmações, a escala entre 0 e 4 a cada valor, onde para o valor mais baixo é atribuído 0 e para o valor mais alto é atribuído o valor 4;
- Para realizar a pontuação do SUS os valores escolhidos em cada afirmação são somados;
- No caso das afirmações com conotação positiva, que são as afirmações ímpares, o valor a ser somado é igual ao valor da escala menos 1 valor;
- No caso das afirmações com conotação negativa, que são as afirmações pares, o valor a ser somado é igual a 5 menos o valor da escala atribuído;
- Após se efetuar a soma, o resultado é multiplicado pelo valor 2.5 para se obter o valor global do SUS. Este valor varia entre 0 e 100.

Segundo Sauro[44], um valor global de SUS superior a 68 é considerado acima da média. Por outro lado, um valor inferior a 68 está abaixo da média e por isso o sistema é considerado como um sistema com problemas de usabilidade. Segundo Miller *et al*[45], o valor 70 tem sido considerado o valor médio do SUS quando diferentes tipos de interface são avaliados. No caso das interfaces do tipo Web, o valor global médio de SUS considerado é de 68, com base em alguns estudos. No contexto desta dissertação o valor médio a considerar é de 68 pois estamos a avaliar um sistema *web-based*.

O sistema foi ligeiramente modificado de forma a ser mais perceptível para os utilizadores que testaram o sistema, mas sem prejudicar a validade e confiabilidade do mesmo. Uma das alterações foi traduzir as afirmações para português.

Apesar do SUS ter sido desenvolvido apenas para avaliar a usabilidade, este pode ser derivado em duas componentes: a componente de usabilidade e a componente de aprendizagem da interface. Ambas as componentes foram consideradas para completar o valor global do SUS de forma a fornecer uma melhor perceção da usabilidade total do sistema desenvolvido. Para se obter o valor da componente de usabilidade somam-se os valores associados às respostas das afirmações nº1 à nº3 e das afirmações nº5 à nº9. O resultado é multiplicado por 3.125. A componente de aprendizagem é calculada através da multiplicação da soma dos valores associados às respostas das afirmações nº4 e nº9 do questionário pelo valor 12.5.

6.2.2 Avaliação da audiência não pertencente ao Muvitur

Como a plataforma de configuração requer algum conhecimento informático, principalmente em ficheiros XML, viu-se a necessidade de realizar testes para indivíduos com alguma experiência informática. Nas figuras C.2 e C.1 está retratada a audiência desses utilizadores, a respeito das suas idades e género, respetivamente.

6.2.2.1 Avaliação Sumativa

Nesta secção são analisados os resultados do preenchimento dos questionários, realizados por utilizadores exteriores ao projeto Muvitur, nomeadamente os resultados da pergunta sobre os conhecimentos existentes de XML dos utilizadores e das perguntas derivadas do SUS. A avaliação dos utilizadores foi analisada e os resultados estão apresentados na Tabela 6.1 e na figura 6.1. Como se verifica na Tabela 6.1, 3 dos 8 utilizadores, cerca de 37,5%, atribuíram ao sistema uma pontuação abaixo do valor global médio de SUS de 68 para interfaces de aplicações *web*. É de notar que 2 desses utilizadores têm pouco conhecimento em ficheiros XML, fator importante para a compreensão da plataforma de configuração. Os utilizadores com maior conhecimento em XML atribuíram uma pontuação acima da média, tendo o utilizador com maior conhecimento atribuído um valor muito acima da média, como verificado na figura 6.1. Esta contém a média de SUS, usabilidade e aprendizagem em relação a cada tipo de conhecimento XML. A escala da pergunta

sobre os conhecimentos de XML foi classificada da seguinte maneira para efeitos de gráfico: o valor 1 pertence ao valor “Fracá”, o valor 2 corresponde ao valor “Poucas noções”, o valor 3 pertence ao valor “Razoável”, o valor 4 corresponde ao valor “Boa” e o valor 5 corresponde ao valor “Muito boa”.

A pontuação média do SUS foi no valor de 71,25, encontrando-se acima do valor 68, já mencionado anteriormente. A nível da usabilidade a pontuação média foi de 68,75, enquanto que a pontuação da aprendizagem foi no valor de 81,25. Com estes resultados pode-se concluir que o resultado da aprendizagem foi superior aos outros resultados, embora todos eles tenham sido positivos. Assim, verifica-se que o sistema foi considerado pelos utilizadores como aceitável.

Tabela 6.1: Resultados da avaliação do questionário.

Utilizador	SUS	Usabilidade	Aprendizagem	Conhecimentos XML
1	70	68,75	75	4
2	85	81,25	100	5
3	47,5	50	37,5	2
4	75	68,75	100	4
5	67,5	65,625	75	3
6	72,5	68,75	87,5	4
7	82,5	78,125	100	3
8	37,5	40,625	25	2
Média	71,25	68,75	81,25	3,5
Máximo	85	81,25	100	5
Mínimo	37,5	40,625	25	2

6.2.2.2 Avaliação Formativa

Nesta secção são analisados os resultados do preenchimento dos questionários por parte de utilizadores, relacionadas com as características da aplicação, que corresponde à segunda componente do questionário. Devido à grande quantidade de imagens que compõem este capítulo, as mesmas foram inseridas no fim do documento como apêndice.

A Figura D.1 demonstra os resultados referentes à clareza da estrutura XML visualizada plataforma de configuração. A opinião não foi unânime, no entanto a maioria concorda que a pesquisa pela estrutura foi intuitiva.

Como se pode verificar na figura D.2 nenhum participante teve muita dificuldade na associação de atributos aos campos seleccionados na estrutura XML. A maioria afirmou que a atribuição foi processada facilmente.

Na pergunta relativa à percepção da escolha das *labels* as opiniões foram um pouco distintas. A figura D.3 mostra a compreensão dos utilizadores perante a situação de escolha da *label* associada aos campos seleccionados. A maioria dos participantes também não teve grandes dificuldades neste processo.

Em relação ao mapa interativo apresentado na plataforma integrada, os utilizadores

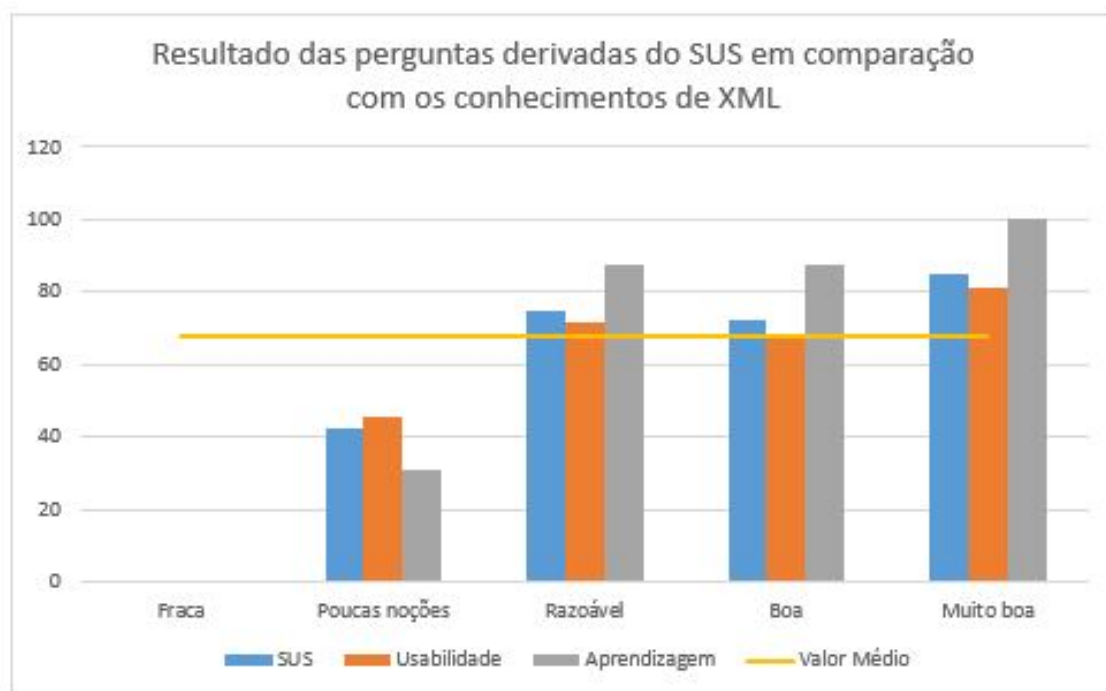


Figura 6.1: Comparação de resultados referentes às perguntas SUS e conhecimentos de XML dos utilizadores

não tiveram quaisquer problema em verificar que a informação adicional estava presente na janela de *pop-up*, em conjunto com a informação geográfica já existente, no servidor ArcGIS Online. Este resultado pode ser visualizado na figura D.4.

Por fim, fazendo uma avaliação geral aos resultados em relação às perguntas de interação com as aplicações, e analisando a figura D.5, os participantes obtiveram uma opinião que é relativamente proporcional aos seus conhecimentos de XML, fator importante para a compreensão do sistema implementado.

6.2.3 Avaliação da audiência pertencente ao projeto Muvitur

Tendo esta dissertação uma componente de caso de estudo referente ao projeto Muvitur, faria sentido os utilizadores pertencentes ao projeto também realizarem testes de usabilidade à solução desenvolvida. Como dito anteriormente, alguns dos elementos não têm noções avançadas de informática que sejam suficientes para compreensão da plataforma de configuração. Por isso, estes apenas realizaram testes à aplicação integrada. Realizou-se uma avaliação sumativa, referente às perguntas derivadas do SUS, e uma avaliação formativa, referente às perguntas relacionadas com o que pretendiam do projeto.

Nas figuras C.4 e C.5 está retratada a audiência da avaliação dos utilizadores pertencentes ao Muvitur, a respeito do seu género e idades, respetivamente.

6.2.3.1 Avaliação Sumativa

A avaliação dos utilizadores pertencentes ao Muvitur foi analisada e os resultados estão apresentados na tabela 6.2. Como se verifica na tabela, os três colaboradores atribuíram à aplicação integrada uma pontuação acima do valor global médio de SUS de 68. Não foi realizada uma comparação com os conhecimentos de XML dos utilizadores, como feito na avaliação sumativa dos utilizadores não pertencentes ao Muvitur, pois só faria sentido se testassem a plataforma de configuração. Para testar a aplicação integrada não são necessários conhecimentos de XML.

A pontuação média do SUS foi no valor de 91,67, encontrando-se acima do valor 68, já mencionado anteriormente. A nível da usabilidade a pontuação média foi de 87,5, enquanto que a pontuação da aprendizagem foi no valor de 92,708. Com estes resultados pode-se concluir que o resultado da aprendizagem foi superior aos outros resultados, embora todos eles tenham sido bastante positivos. Assim, verifica-se que a aplicação integrada foi considerada pelos utilizadores como bastante aceitável.

Tabela 6.2: Resultados da avaliação aos questionários - Muvitur.

Utilizador	SUS	Usabilidade	Aprendizagem
1	97,5	100	96,875
2	90	62,5	96,875
3	87,5	100	84,375
Média	91,67	87,5	92,708
Máximo	97,5	100	96,875
Mínimo	87,5	62,5	84,375

6.2.3.2 Avaliação Formativa

Nesta secção são analisados os resultados do preenchimento dos questionários, nomeadamente os resultados das perguntas relacionadas com as características da aplicação pedidas, que correspondem à segunda componente do questionário. Devido à grande quantidade de imagens que compõem esta avaliação, as mesmas foram inseridas no fim do documento como apêndice.

A figura D.6 demonstra os resultados referentes à afirmação “A informação presente na aplicação Muvitur é a pretendida”. A opinião não foi unânime, no entanto foi sempre positiva.

Como se pode verificar na figura D.7, em relação à afirmação “O sistema é útil para configuração e criação de aplicações que liguem mapas ArcGIS Online com bases de dados externas”, todos os utilizadores concordaram. A maioria respondeu com o valor positivo mais alto, o que é bastante positivo.

Na pergunta relativa às dificuldades de utilização do sistema, todos os utilizadores responderam que não sentiram quaisquer dificuldade.

Por fim, fazendo uma avaliação geral, os elementos pertencentes ao Muvitur deram nota positiva à solução desenvolvida apresentada.

6.3 Síntese

Neste capítulo foram interpretados os dados recolhidos das avaliações realizadas tanto pelos colaboradores do Muvitur, em relação à plataforma integrada, como pelos utilizadores com alguns conhecimentos informáticos, em relação à solução implementada na sua totalidade.

Apesar de apenas 8 indivíduos com conhecimentos informáticos terem testado e avaliado o sistema na sua totalidade, os resultados demonstraram que, no geral, estes utilizadores ficaram satisfeitos com a solução, já que o valor médio de SUS obtido foi superior ao valor 68, valor considerado médio quando se trata de aplicações *web*. Também os valores das componentes derivadas do SUS, componente de usabilidade e de aprendizagem, foram superiores ao valor médio 68 o que demonstra ser um aspeto positivo. Os resultados que foram obtidos nas perguntas mais técnicas foram proporcionais ao conhecimento da linguagem XML, ajudando na análise dos opiniões obtidas.

Em relação aos colaboradores do Muvitur, os resultados das suas avaliações permitiram concluir que ficaram bastante agradados com a solução final, dado que os valores dos níveis de aprendizagem, usabilidade e de SUS ficaram acima dos valores médios.

O *feedback* dos utilizadores foi muito importante para perceber se o sistema está bem conseguido ou se ainda continha algumas falhas. Os participantes ajudaram não só a identificar as dificuldades que o sistema proporcionava mas também por fazerem sugestões de melhorias de modo a minimizar essas dificuldades.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Este capítulo reflete o trabalho realizado e apresenta todas as conclusões do mesmo. Também apresenta perspectivas e sugestões relativamente a trabalho futuro.

7.1 Conclusões

O objetivo da dissertação é a disponibilização de uma plataforma de apoio à criação de Sistemas WebGIS, para ArcGIS Online, que permita integrar a visualização de objetos geográficos num mapa, com informação descritiva dos mesmos objetos, acessível via um servidor externo ao servidor de GIS. O trabalho desenvolvido no contexto da tese tem, como contribuição principal, uma plataforma de configuração de integração destas duas componentes, com algumas limitações:

- Acesso aos dados geográficos através de um mapa ArcGIS Online;
- Acesso aos dados descritivos via uma API pública que disponibiliza os dados em formato XML.

A informação geográfica está associada a um mapa criado em ArcGIS Online, pois esta dissertação é realizada em parceria com a ESRI Portugal, sendo os utilizadores deste projeto clientes (autarquias locais) da empresa. Também foi importante a generalização da solução para esta não estar presa a nenhum projeto e que possa ser utilizada por outras instituições, desde que utilizem a plataforma ArcGIS Online.

Antes da implementação da solução foi definido um conjunto de requisitos em colaboração com a equipa de ESHTe responsável pelo Muvitur e pelo arquivo digital. Esta definição deu-se porque o Muvitur constituiu o caso de estudo da dissertação. A equipa técnica do Departamento de Informática da instituição também contribuiu. O estudo aprofundado ao projeto LxConventos e a visualização de outros sistemas semelhantes

mostrou-se importante para a perceção da relevância dos sistemas de informação geográfica nos dias de hoje.

Efetuuou-se um estudo das tecnologias mais apropriadas e de fácil utilização e disponibilidade para o desenvolvimento das aplicações da solução.

O desenvolvimento do projeto, nomeadamente a plataforma de configuração, foi sendo efetuado com dois servidores de informação descritiva diferentes, relacionados com o projeto LxConventos e com o Muvitur, para minimização de erros, uma vez que cada um dos servidores devolve resultados com estruturas XML diferentes.

Ao longo do período de desenvolvimento, foram sendo acrescentados alguns detalhes que se pensou terem alguma importância, como a descida nos níveis de um elemento em pedidos XML para a configuração. As validações durante o processo de configuração também foram um aspeto tido em conta durante o desenvolvimento da solução. Outro fator bastante pensado foi a tentativa de minimizar as operações a efetuar pelo cliente quando um endereço *web* devolve um XML simples tornando a configuração muito rápida e facilitada.

Em relação às tecnologias, foi decidido desde início a utilização do ArcGIS Online pois o projeto será para clientes da ESRI Portugal que utilizem o mesmo sistema. Houve uma avaliação inicial positiva pelos responsáveis do Muvitur à aplicação integrada. Esta está acessível no site do Muvitur e foi demonstrada publicamente na apresentação oficial do Museu Virtual do Turismo realizada na ESHTe.

O feedback fornecido pelos utilizadores que testaram o sistema e responderam ao questionário referente ao mesmo foi muito importante para compreender como o sistema é visto por outros indivíduos e se está bem estruturado. Consideramos positivo a identificação das dificuldades sentidas pelos participantes durante o uso das aplicações, mas também elaborarem sugestões para ultrapassar essas dificuldades. Com base na avaliação sumativa, pode-se afirmar que a aplicação é utilizável.

7.2 Trabalho futuro

Em relação à interligação da informação, um fator pensado que não se realizou refere-se à criação de uma tabela intermédia entre as informações. Em vez de um dos campos estar com dados iguais nas duas formas de informação, o ideal seria a criação de uma tabela que teria só dois atributos, cada um referente ao identificador do tipo de informação correspondente. Esta tabela poderia ser criada através da plataforma de configuração mas deixaria a configuração mais complicada de se realizar e poderia até mesmo ficar confusa. O melhor seria a tabela estar incluída na base de dados referente à informação descritiva e poder-se aceder a esta tabela através de um endereço *web*, tal como é acedida a restante informação descritiva.

Uma das limitações da solução desenvolvida é apenas permitir configurar um dos parâmetros do serviço *web*. Poderá ser importante elaborar uma pesquisa pela informação descritiva com mais valores nos parâmetros para uma procura mais eficiente e que

restringa os resultados apresentados.

Como a plataforma integrada tem por objetivo ser o mais genérica possível e com o mínimo de programação manual, será bom adicionar mais funcionalidades à plataforma de configuração, como por exemplo colocar a possibilidade de inserir um *favicon* que aparecerá na plataforma final para uma maior personalidade do projeto. Outro exemplo é a alteração da estrutura de como a informação aparecerá na janela de *pop-up*, incluindo a possibilidade de ordenação dos campos como o cliente pretende.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *A Strategic Plan for the International Cartographic Association 2011-2019*. International Cartographic Association. Jul. de 2011. URL: http://icaci.org/files/documents/reference_docs/ICA_Strategic_Plan_2011-2019.pdf.
- [2] *The geoid, ellipsoid, spheroid, and datum, and how they are related*. URL: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/about-the-geoid-ellipsoid-spheroid-and-datum-and-h.htm>.
- [3] J. V. Sickle. *"GPS for Land Surveyors"*. 4^a ed. ISBN: 9781466583108. CRC Press, jun. de 2015. URL: <https://www.crcpress.com/product/isbn/9781466583108>.
- [4] *Datum*. URL: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/datums.htm>.
- [5] *A guide to coordinate systems in Great Britain*. Ordnance Survey. Southampton, United Kingdom, ago. de 2016. Cap. 2-3.
- [6] J. P. Snyder. "Map projections-general concepts". Em: *Map projections: A working manual*. U.S. Government Printing Office, 1987, pp. 8-10.
- [7] R. F. A. Pena. *Latitudes e Longitudes*. URL: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/latitudes-longitudes.htm>.
- [8] *Thematic Cartography Guide - Map Projections*. URL: <http://axismaps.github.io/thematic-cartography/articles/projections.html>.
- [9] J. P. Snyder e P. M. Voxland. "Guide to selecting map projections". Em: *An album of map projections*. 1989, pp. 5-6.
- [10] *Useful Map Properties: Shapes*. URL: <http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Normal/CartProp/ShapePres/shapePres.html#Conformal>.
- [11] E. Gaba. *Maps of the world, of seas and about history*. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sting/Gallery:_Maps_of_the_world,_of_seas_and_about_history.
- [12] *Groups of map projections, a brief introduction*. URL: <http://map-projections.net/projection-groups.php>.
- [13] D. Prentiss. *Portraying the features of a spherical surface on a flat plane*. URL: <http://earth.rice.edu/mtpe/geo/geosphere/topics/mapprojections.html>.

- [14] J. P. Snyder. "Cylindrical map projections". Em: *Map projections: A working manual*. U.S. Government Printing Office, 1987, pp. 57–58.
- [15] P. H. Dana. *Map Projection Overview*. Department of Geography, University of Texas at Austin. Jul. de 1994. URL: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html.
- [16] *How Universal Transverse Mercator (UTM) Works*. URL: <http://gisgeography.com/utm-universal-transverse-mercator-projection/>.
- [17] M. A. Neiger. *The Universal Transverse Mercator (UTM) coordinate system*. Michigan Backcountry Search e Rescue. 2010. URL: <http://www.mibsar.com/LandNav/UTM/UTM.htm>.
- [18] M. Worboys e M. Duckham. *GIS: a computing perspective*. Second edition. CRC Press, 2004.
- [19] *GIS Basics - The Components of GIS*. URL: <http://www.pasda.psu.edu/tutorials/gisbasics/components.asp>.
- [20] C. C. F. Barbosa, J. P. Cordeiro, G. Câmara e U. M. Freitas. *Integração de objetos e campos geográficos em uma álgebra de mapas*. URL: http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/algebra_mapas/.
- [21] P. Fu e J. Sun. "Web GIS: Principles and Applications". Em: ESRI Press, 2010. Cap. 1 - GIS in the web era.
- [22] P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire e D. W. Rhind. "Geographic Information Systems and Science". Em: John Wiley & Sons, 2001. Cap. 8 - GIS Software; 9 - Geographic Data Modeling.
- [23] B. E. Davis. "GIS: A Visual Approach". Em: Second edition. Alar Elken, 2001. Cap. 3 - Raster and vector data.
- [24] D. J. Buckey. "Vector and raster - Advantages and disadvantages". Em: *GIS Introduction by David J. Buckey*. Cap. 2: The Nature of Geographic Information. URL: http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/GIS/GIS_primer/page_19.htm.
- [25] *ESRI Shapefile Technical Description. An ESRI White Paper, July 1998*.
- [26] M. Hojati. *What is is the Difference Between Web GIS and Internet GIS?* Fev. de 2014. URL: <http://www.gislounge.com/difference-web-gis-internet-gis/>.
- [27] *Understanding Metadata*. National Information Standards Organization. 2004.
- [28] N. Honle, U.-P. Kappeler, D. Nicklas, T. Schwarz e M. Grossmann. "Benefits of Integrating Meta Data into a Context Model". Em: *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on* (mar. de 2005).
- [29] T. Kuhne. "Matters of (Meta-) Modeling". Em: *Journal of Software and Systems Modeling* 5.4 (2006), pp. 369–385.

-
- [30] F. Henze, N. Magdalinski, F. Schwarzbach, A. Schulze, P. Gerth e F. Schäfer. “Concepts and Technologies for a Comprehensive Information System for Historical Research and Heritage Documentation”. Em: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (set. de 2013), pp. 325–330.
- [31] C. Harder. *The ArcGIS Book: 10 Big Ideas about Applying Geography to Your World*. ESRI Press, 2015. ISBN: 9781589484498.
- [32] J. Gouveia, F. Branco, A. Rodrigues e N. Correia. “Travelling Through Space and Time in Lisbon’s Religious Buildings”. Em: *Proceedings of Digital Heritage 2015 - DH’15*. Granada, Spain: IEEE, 2015.
- [33] J. Gouveia, F. Branco, A. Rodrigues e N. Correia. “Project Lx Conventos: Travelling through space and time in Lisbon’s religious buildings”. Em: *12th International Conference on Urban History*. European Association for Urban History. Lisbon, Portugal, 2014.
- [34] P. K. Arora, D. R. Bhatia, S. Parkash e D. B. J. S. Sekhon. “Web based GPS and GIS Model for Rural Areas”. Em: *Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions), 2015 4th International Conference on* (set. de 2015).
- [35] X. Luo. “An Integrated WebGIS-Based Management Platform of Geopark”. Em: *The Open Construction and Building Technology Journal* (2015), pp. 287–291.
- [36] S. Joost, R. Baumann, J. I. Olivier Ertz and, I. Widmer¹ e D. Rappo². “A participatory WebGIS platform to support biodiversity inventory in the Geneva cross-border area”. Em: *THIRD OPEN SOURCE GEOSPATIAL RESEARCH & EDUCATION SYMPOSIUM (OGRS)* (2014).
- [37] Z. Duran, A. G. Doğru e G. Toz. “Web-based multimedia GIS for historical sites”. Em: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (2004).
- [38] M. T. Françoso, D. C. Costa, M. M. Valin e R. R. Amarante. “Use of Open Source Software for the Development of Web GIS for Accessibility to Tourist Attractions”. Em: *Journal of Civil Engineering and Architecture* 7 (abr. de 2013), pp. 472–486.
- [39] M. Polidoro e M. V. F. Barros. “Proposta metodol3gica de desenvolvimento de sistema de informa3es geográficas em ambiente web (webGIS) aplicado ao turismo”. Em: *Revista eletr3nica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales* (2010).
- [40] M. Marujo e P. Carvalho. “Turismo, planeamento e desenvolvimento sustentável”. Em: *Turismo & Sociedade* v3.n2 (out. de 2010), pp. 147–161.
- [41] M. Barbosa, P. Remoaldo e A. Vieira. “Proposta de um WebSIG para o desenvolvimento da atividade turística no município de Lousada”. Em: (jan. de 2016).

BIBLIOGRAFIA

- [42] J. Brooke. "SUS: A Retrospective". Em: *Journal of Usability Studies* 8.2 (2013), pp. 29–40.
- [43] J. Brooke. *"SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry"*. ISBN: 9780748404605. CRC Press, jun. de 1996. URL: <https://www.crcpress.com/product/isbn/9780748404605>.
- [44] J. Sauro. *Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS)*. URL: www.measuringu.com/sus.php.
- [45] A. B. P. K. J. Miller. "Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale". Em: *Journal of Usability Studies* 4.3 (2009), pp. 114–123.



TESTE DE UsABILIDADE

São apresentados de seguida os testes de usabilidade com as respetivas tarefas realizados para os utilizadores com conhecimentos informáticos.

Teste de Usabilidade

Joana Pereira

Este teste serve para avaliar um sistema reutilizável que contém uma aplicação que gera um ficheiro de metadados que interliga informação georreferenciada com informação descritiva num único mapa interativo. A informação georreferenciada localiza-se num mapa online acedido por um identificador e a informação descritiva é acedida através de um *url* que devolve um XML. A junção da informação é feita num mapa interativo numa outra plataforma. A plataforma de configuração é acedida por elementos da empresa, enquanto que a plataforma integrada é acedida por todos os utilizadores.

Este teste consiste na realização de algumas tarefas num navegador *web* à escolha. É importante que vá apontando as dificuldades que tem encontrado durante o processo para a consolidação dos resultados e obter um maior feedback do teste. Após a realização das tarefas será fornecido um pequeno questionário de satisfação associado à aplicação.

Conjunto de tarefas a realizar

Tarefa 1: Utilização de um xml simples

1. Entre na plataforma de configuração.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/configurationApp/>)
2. Insira o endereço da informação descritiva no local associado ao mesmo e carregue em "Procurar".
(<http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog/winlibsrch.aspx?skey=&pesq=2&doc=880&GetXML=true>)
3. Selecione os seguintes elementos:
<winlib> > <path>
4. Carregue em "Seguinte".
5. Coloque como nome da label "Caminho".
6. Seleccione o campo "path" para a escolha da tag com informação.
7. Carregue em "Seguinte".
8. No identificador dos parâmetros do URL selecione o campo "doc".
9. Insira o identificador do mapa ArcGIS Online no local pedido e carregue em "Procurar".

10. Na nova caixa apresentada selecione o elemento "CodBib".
11. Carregue em "Submeter".
12. Aceda à plataforma integrada e verifique se a informação encontrada no pop-up do mapa é a correcta.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/application>)

Tarefa 2: Utilização de um xml mais complexo

1. Entre na plataforma de configuração.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/configurationApp/>)
2. Insira o endereço da informação descritiva no local associado ao mesmo e carregue em "Procurar".
(<http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog/winlibsrch.aspx?skey=&pesq=2&doc=880&GetXML=true>)
3. Selecione os seguintes elementos:
<winlib> > <pesquisa> > <docs> > <doc> > <campo>
4. Carregue em "Seguinte".
5. Associe um atributo com nome "name" e com o valor "Altura".
6. Selecione, na escolha da label, o valor de uma tag filha e seleccione o elemento "label" na caixa que foi apresentada.
7. Seleccione o campo "valores" para a escolha da tag com informação.
8. Carregue no botão "+" junto do campo selecionado no ponto anterior. Na nova caixa que apareceu selecione o campo "valor".
9. Carregue em "Seguinte".
10. No identificador dos parâmetros do URL selecione o campo "doc".
11. Insira o identificador do mapa ArcGIS Online no local pedido e carregue em "Procurar".
12. Na nova caixa apresentada selecione o elemento "CodBib".
13. Carregue em "Submeter".
14. Aceda à plataforma integrada e verifique se a informação encontrada no pop-up do mapa é a correcta.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/application>)

Tarefa 3: Utilização de um xml complexo com adição de novos campos

1. Entre na plataforma de configuração.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/configurationApp/>)
2. Insira o endereço da informação descritiva no local associado ao mesmo e carregue em "Procurar".

(<http://arquivodigital.eshte.pt/Nyron/Museum/Catalog/winlibsrch.aspx?skey=&pesq=2&doc=880&GetXML=true>)

3. Selecione os seguintes elementos:
<winlib> > <pesquisa> > <docs> > <doc> > <campo>
4. Carregue em "Seguinte".
5. Associe um atributo com nome "name" e com o valor "Altura".
6. Selecione, na escolha da label, o valor de uma tag filha e seleccione o elemento "label" na caixa que foi apresentada.
7. Seleccione o campo "valores" para a escolha da tag com informação.
8. Carregue no botão "+" junto do campo seleccionado no ponto anterior. Na nova caixa que apareceu selecione o campo "valor".
9. Selecione o botão de adição de mais uma configuração do mesmo campo.
10. Associe um atributo com o nome "name" e com o valor "Descricao".
11. Realize o mesmo processo dos passos 5, 6 e 7.
12. Carregue em "Seguinte".
13. No identificador dos parâmetros do URL selecione o campo "doc".
14. Insira o identificador do mapa ArcGIS Online no local pedido e carregue em "Procurar".
15. Na nova caixa apresentada selecione o elemento "CodBib".
16. Carregue em "Submeter".
17. Aceda à plataforma integrada e verifique se a informação encontrada no pop-up do mapa é a correcta.
(<http://di93.di.fct.unl.pt/application>)

Obrigada pelo tempo disponibilizado.



QUESTIONÁRIOS

É apresentado de seguida o questionário fornecido aos utilizadores com conhecimentos informáticos, após terminarem as tarefas pedidas no teste de usabilidade, e o questionário fornecido aos elementos pertencentes ao Muvitur, após testarem a aplicação integrada.

B.1 Utilizadores com conhecimentos informáticos

Plataforma integrada para análise de informação georreferenciada

O questionário que se segue é anónimo e tem como finalidade testar a usabilidade de uma solução produzida numa tese de Mestrado. Foi desenvolvida uma plataforma de configuração de aplicações WebGIS que permite criar uma ligação entre um mapa disponível (em ArcGIS Online) e uma base de dados externa, através de um procedimento de configuração.

Este questionário pede alguma informação pessoal para fins estatísticos numa primeira fase e de seguida contém algumas perguntas de satisfação sobre a aplicação de configuração e a aplicação integrada. Por favor seja o mais sincero possível para uma maior ajuda na avaliação do trabalho realizado.

***Obrigatório**

1. Qual a sua idade? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 18-24
☐ 25-34
☐ 35-50
☐ +50

2. Qual o seu género? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
☐ Feminino

3. Qual a sua experiência com ficheiros XML? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Fraca	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito boa

4. Eu penso que gostaria de usar este sistema com frequência. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. **Eu achei o sistema fácil de usar. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

7. **Eu penso que precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

8. **Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

9. **Eu acho que havia demasiada inconsistência no sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

10. **Eu acredito que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

11. **Eu achei o sistema muito estranho de se usar. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

12. **Eu senti-me muito confiante ao usar o sistema ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

13. **Eu precisei de aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

14. **A pesquisa pela estrutura XML é intuitiva. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

15. **Na plataforma de configuração é fácil associar um atributo aos campos selecionados na estrutura xml. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

16. **Na plataforma de configuração é fácil perceber as várias formas de escolha da label. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

17. **A informação adicional selecionada durante a configuração encontra-se na infowindow da aplicação gerada. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

18. **Sentiu dificuldades em utilizar o sistema? ***

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

19. **Caso respondeu sim à pergunta anterior, explique a(s) dificuldade(s) obtida(s).**

20. Caso tenha alguma sugestão para melhorar o sistema descreva no espaço seguinte.

Com tecnologia



B.2 Utilizadores pertencentes ao Muvitur

Aplicação MUVITUR

O questionário que se segue é anónimo e tem como finalidade testar a usabilidade de uma solução produzida numa tese de Mestrado.

Este questionário pede alguma informação pessoal para fins estatísticos numa primeira fase e de seguida contém algumas perguntas de satisfação sobre a aplicação gerada para o Museu Virtual do Turismo. Por favor seja o mais sincero possível para uma maior ajuda na avaliação do trabalho realizado.

***Obrigatório**

1. Qual a sua idade? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 18-24
- ☐ 25-34
- ☐ 35-50
- ☐ +50

2. Qual o seu género? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

3. Eu penso que gostaria de usar este sistema com frequência. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

4. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Eu achei o sistema fácil de usar. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. **Eu penso que precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

7. **Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

8. **Eu acho que havia demasiada inconsistência no sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

9. **Eu acredito que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

10. **Eu achei o sistema muito estranho de se usar. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

11. **Eu senti-me muito confiante ao usar o sistema ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

12. **Eu precisei de aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema. ***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

13. A informação presente na aplicação MUVITUR é a pretendida. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

14. O sistema é útil para configuração e criação de aplicações que liguem mapas ArcGIS Online com BDs externas. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

15. Sentiu dificuldades em utilizar o sistema? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

16. Caso respondeu sim à pergunta anterior, explique a(s) dificuldade(s) obtida(s).

17. Caso tenha alguma sugestão para melhorar o sistema descreva no espaço seguinte.

Com tecnologia



PERFIL DOS UTILIZADORES

É apresentada uma avaliação do perfil dos utilizadores que testaram a solução. O perfil é caracterizado pela idade e pelo género, para as duas audiências. Ao perfil dos utilizadores com conhecimentos informáticos é adicionado o conhecimento de XML dos participantes.

C.1 Utilizadores com conhecimentos informáticos

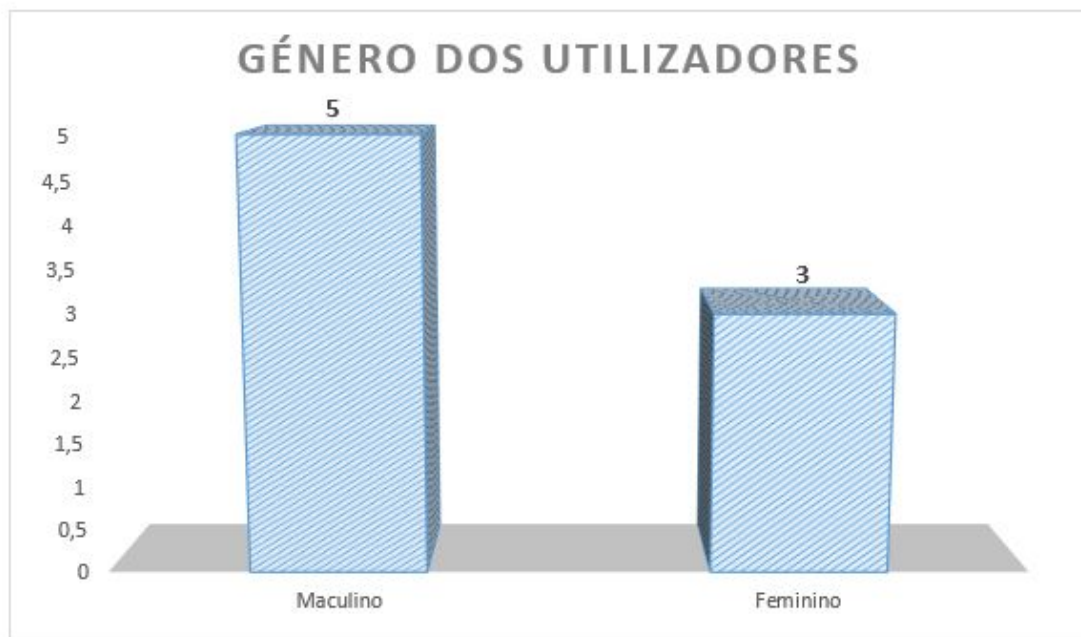


Figura C.1: Número de participantes consoante o género.

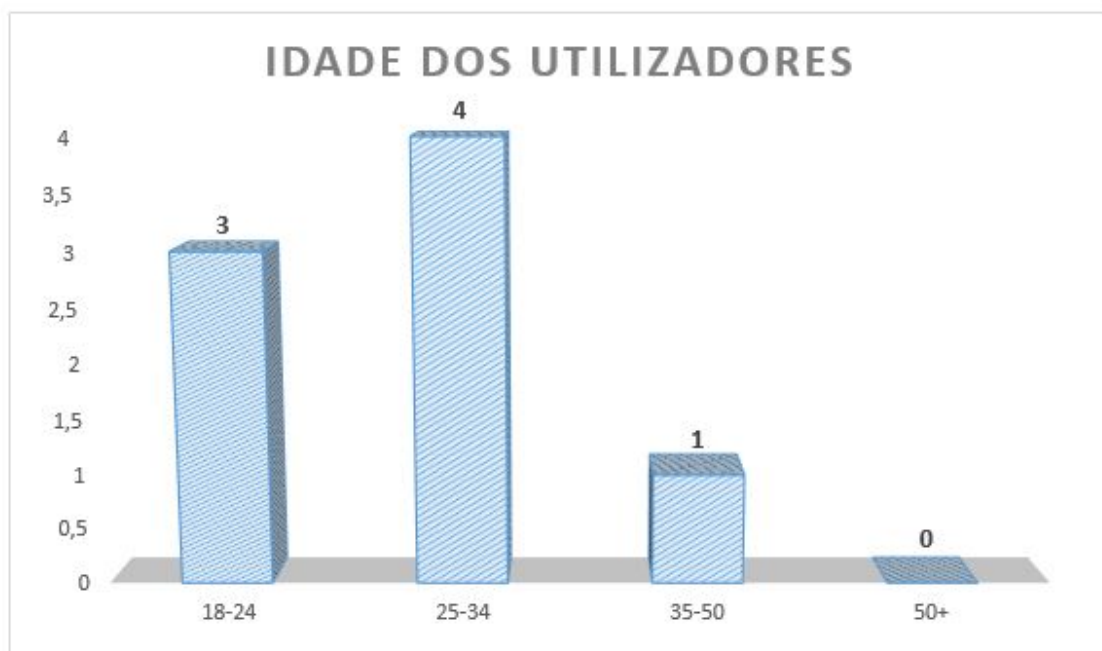


Figura C.2: Intervalo de idades dos participantes.

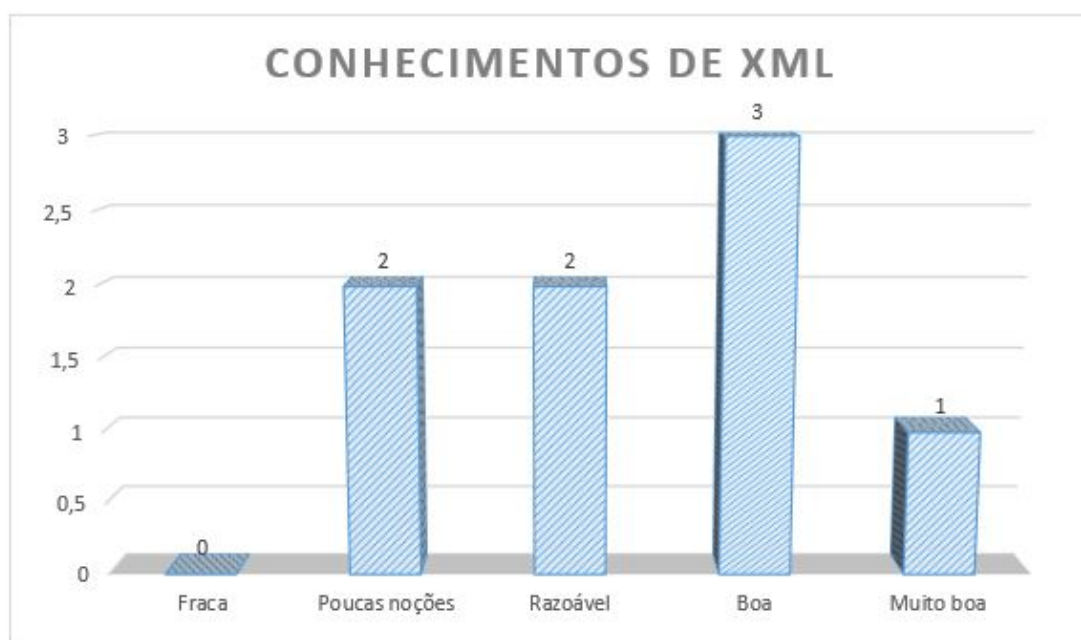


Figura C.3: Conhecimento de XML dos participantes.

C.2 Utilizadores pertencentes ao Muvitur

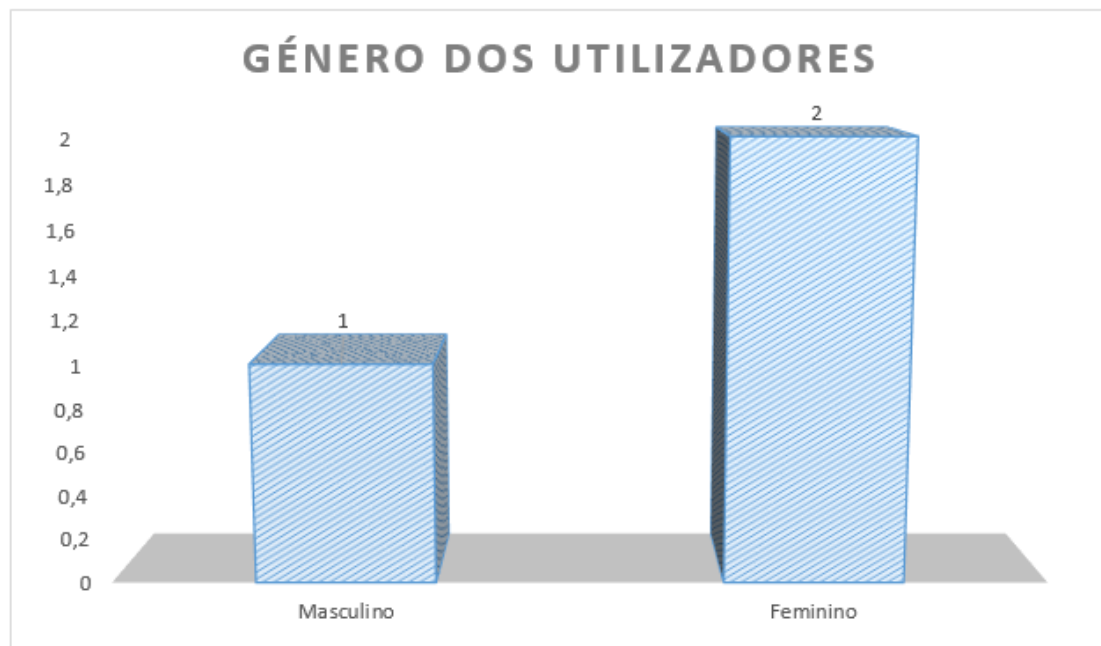


Figura C.4: Número de participantes consoante o género.

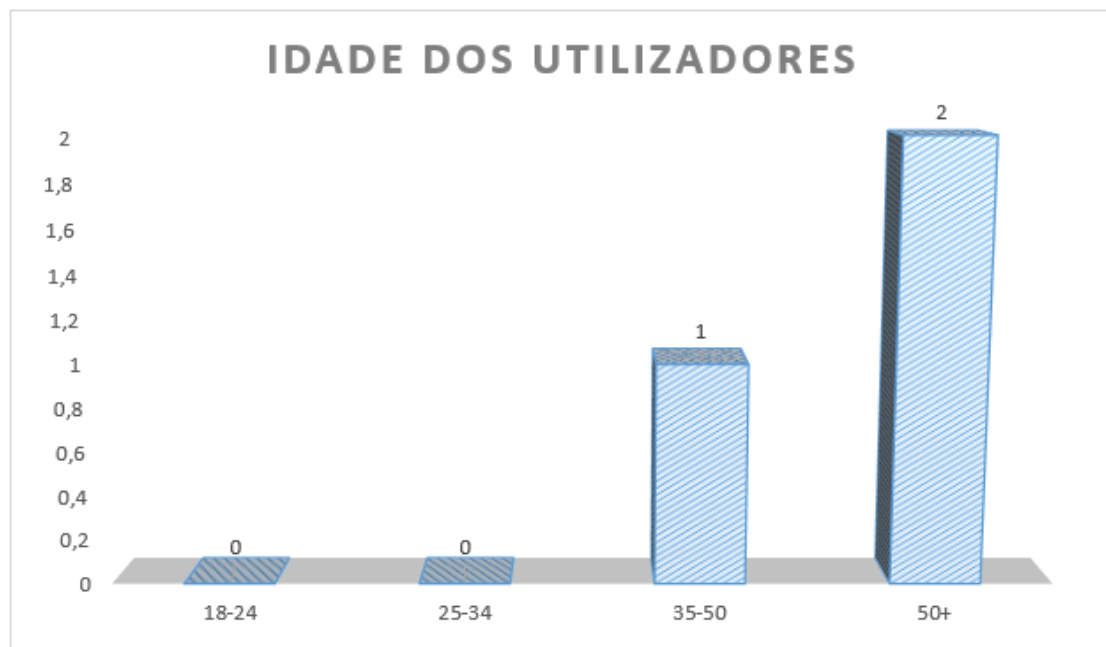


Figura C.5: Intervalo de idades dos participantes.

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

É apresentado todos os resultados referentes aos questionários realizados pelos utilizadores das duas audiências.

D.1 Utilizadores com conhecimentos informáticos

A pesquisa pela estrutura XML é intuitiva. (8 respostas)

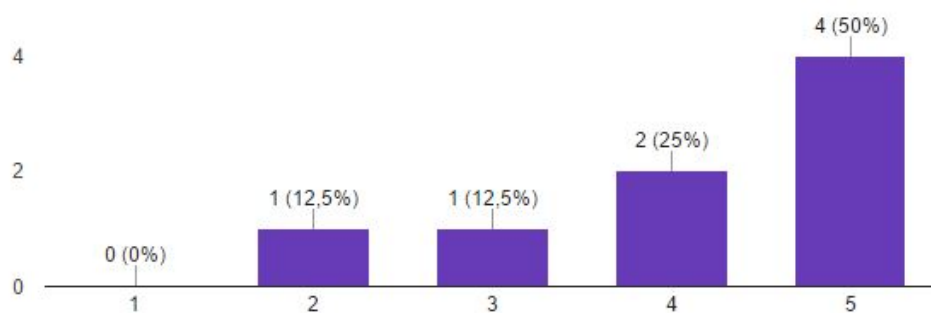


Figura D.1: Clareza da estrutura XML.

Na plataforma de configuração é fácil associar um atributo aos campos selecionados na estrutura xml.

8 respostas

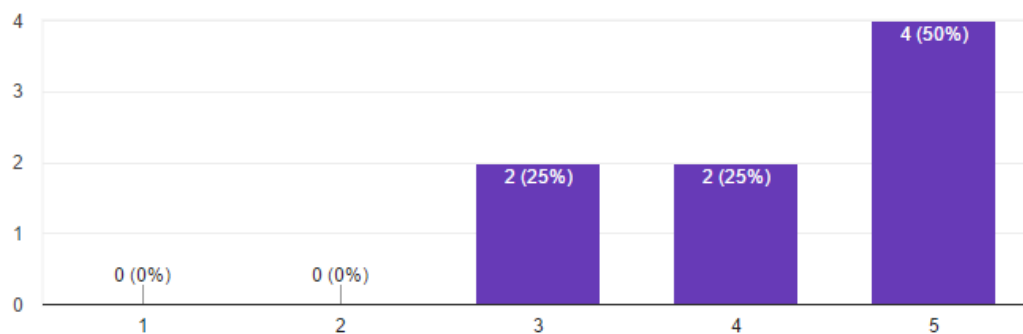


Figura D.2: Facilidade na associação de atributos.

Na plataforma de configuração é fácil perceber as várias formas de escolha da label.

8 respostas

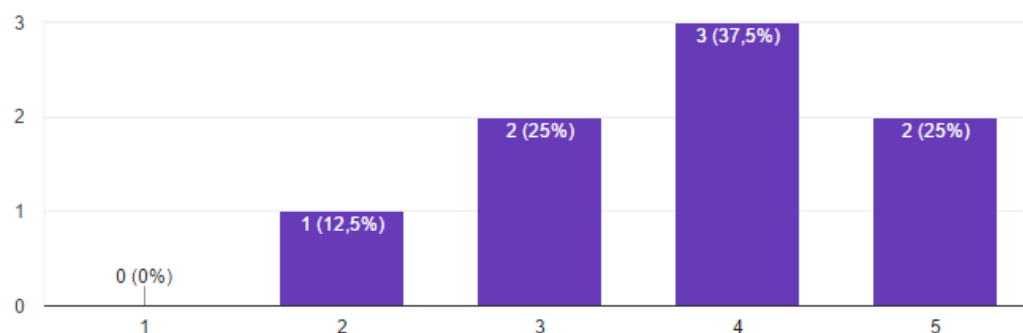


Figura D.3: Facilidade na configuração das *labels*

A informação adicional selecionada durante a configuração encontra-se na infowindow da aplicação gerada.

8 respostas

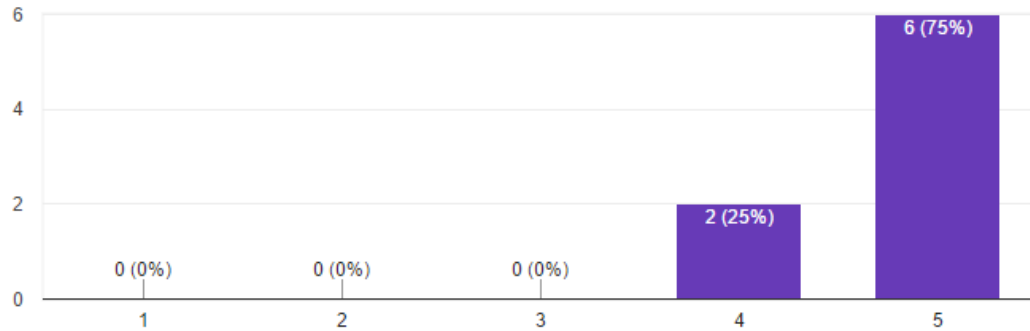


Figura D.4: Verificação da configuração efetuada.

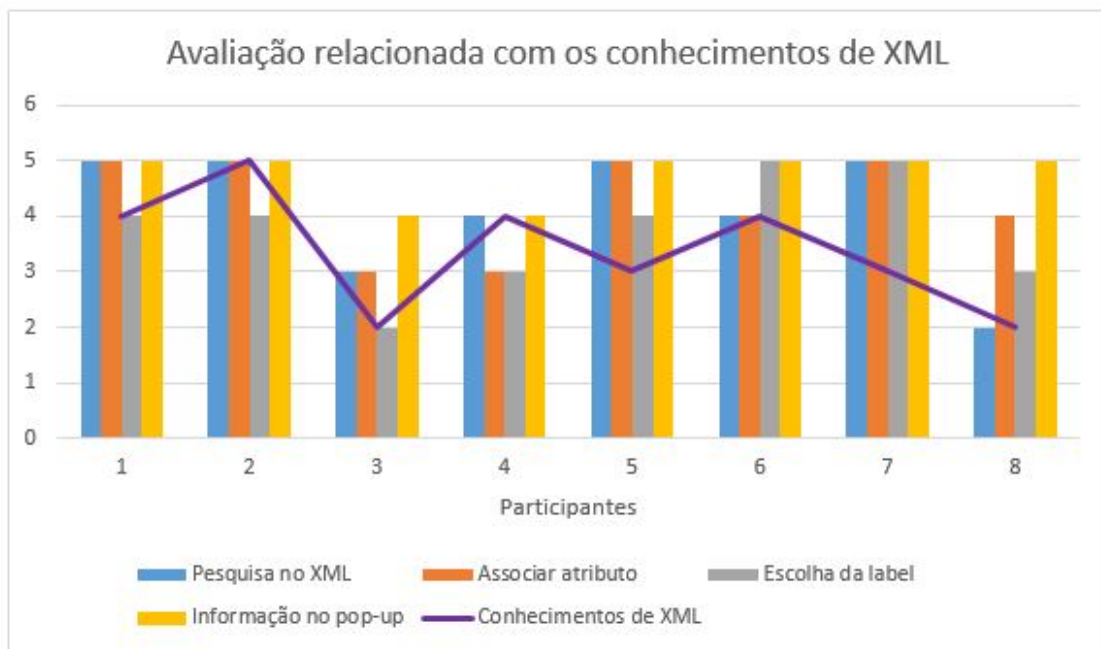


Figura D.5: Comparação de resultados com os conhecimentos de XML dos participantes.

D.2 Utilizadores pertencentes ao Muvitur

A informação presente na aplicação MUVITUR é a pretendida.

3 respostas

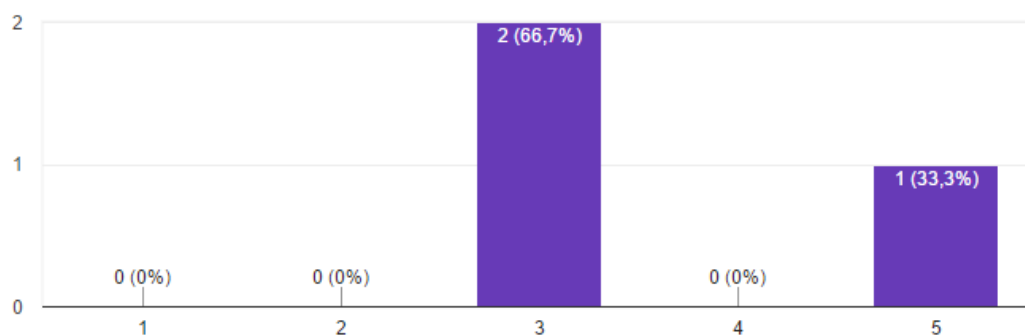


Figura D.6: A informação pretendida encontra-se na aplicação Muvitur

O sistema é útil para configuração e criação de aplicações que liguem mapas ArcGIS Online com BDs externas.

3 respostas

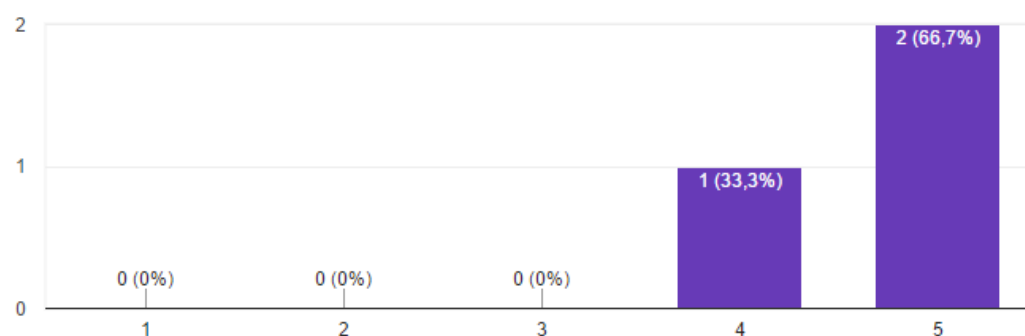


Figura D.7: Utilidade da criação de aplicações que liguem mapas ArcGIS Online com base de dados externas.